

UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA, MINAS,
PETRÓLEOS Y AMBIENTAL**

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL



**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE PANTANOS ARTIFICIALES PARA EL TRATAMIENTO
DE AGUAS NEGRAS Y GRISES DEL CAMPO BASE Y ÁREA DE MANTENIMIENTO
EL COCA DE LA EMPRESA TRIBOILGAS”.**

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar el Título de Ingeniero Ambiental Grado
Académico de Tercer Nivel

AUTOR:

JUAN SEBASTIAN VINUEZA ESTÉVEZ

TUTOR:

ING. GALO ALBÁN

Quito, Abril 2014

UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA, MINAS,
PETRÓLEOS Y AMBIENTAL**

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

**“DISEÑO DE UN SISTEMA DE PANTANOS ARTIFICIALES PARA EL TRATAMIENTO
DE AGUAS NEGRAS Y GRISES DEL CAMPO BASE Y ÁREA DE MANTENIMIENTO
EL COCA DE LA EMPRESA TRIBOILGAS”.**

Trabajo de Grado presentado como requisito para optar el Título de Ingeniero Ambiental Grado
Académico de Tercer Nivel

AUTOR:

JUAN SEBASTIAN VINUEZA ESTÉVEZ

Quito, Abril 2014

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la empresa Triboilgas por permitir el acceso a los datos y a sus instalaciones, brindado de esta manera la facilidad para el desarrollo y la culminación de este trabajo de investigación.

A las personas que estuvieron luchando junto a mí en el sinuoso camino que recorrido para llegar al término de esta fase de estudios, profesores, familiares, amigos y personas especiales que pusieron a su manera un granito de arena para apoyarme.

A mi abuelito Jesús que desde pequeño me mostro con firmeza que en el mundo la diferencia se la hace con garra y tenacidad, que el límite de los sueños es el miedo que cada uno se impone.

A mis padres que pese a la distancia y a los momentos de rebeldía, nunca dejaron de amarme y apoyarme, las bases que de pequeño inculcaron en mí siempre las tengo presente.

DEDICATORIA

El valor del ser humano se ve reflejado por la sencillez y la fuerza de carácter no por los bienes materiales.

Dedico este trabajo que marca una nueva etapa en mi vida a mi hermana Nuvy que siempre me brindó su apoyo y su comprensión en los momentos de alegría, tristeza, en las buenas y en las malas, con su gran ejemplo de capacidad incesable su destello de sencillez y humildad nunca me dejó desfallecer hasta en los más oscuros momentos de mi vida.

Aunque sin ser su obligación asumió el papel de madre en mi vida debido a la distancia que nos separaba de nuestros padres por el deseo de estudiar, siempre cuidando de mí y preocupándose de que por más que caminara cerca del abismo nunca cayera y siguiera persiguiendo mis sueños gracias ñaña por el apoyo incondicional.

Bendecido de tenerte como mi ejemplo.

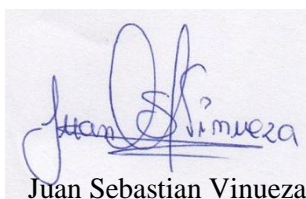
JUAN SEBASTIAN

AUTORIZACIÓN DEL AUTOR

Yo, JUAN SEBASTIAN VINUEZA ESTÉVEZ, en calidad de autor de la tesis realizada sobre: “DISEÑO DE UN SISTEMA DE PANTANOS ARTIFICIALES PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS Y GRISES DEL CAMPO BASE Y ÁREA DE MANTENIMIENTO EL COCA DE LA EMPRESA TRIBOILGAS”, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o de parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor me corresponden, con excepción de la presente autorización seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8, 19 y demás pertinentes de la Ley de propiedad Intelectual y su Reglamento.

Quito, 22 de Abril de 2013

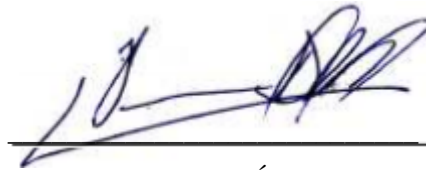
A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Juan Sebastian Vinueza', is written over a light blue rectangular background.

C.C. 1002946729

INFORME DE APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi carácter de Tutor de Grado, presentado por el señor **JUAN SEBASTIAN VINUEZA ESTÉVEZ** para optar el Título o Grado de INGENIERO AMBIENTAL cuyo título es **“DISEÑO DE UN SISTEMA DE PANTANOS ARTIFICIALES PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS Y GRISES DEL CAMPO BASE Y ÁREA DE MANTENIMIENTO EL COCA DE LA EMPRESA TRIBOILGAS”** considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En la Ciudad de Quito a los 12 días del mes de Febrero de 2014

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'G. Soria', is written over a horizontal line.

ING. GALO ALBÁN SORIA
TUTOR DE TESIS

INFORME DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

El tribunal constituido por: Ing. Galo Albán, Dr. José Romero, Dr. Carlos Ordoñez. **DECLARAN:** Que la presente tesis denominada: “DISEÑO DE UN SISTEMA DE PANTANOS ARTIFICIALES PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS Y GRISES DEL CAMPO BASE Y ÁREA DE MANTENIMIENTO EL COCA DE LA EMPRESA TRIBOILGAS”, ha sido elaborada íntegramente por el señor Juan Sebastian Vinuesa Estévez, egresado de la Carrera de Ingeniería Ambiental, ha sido revisada y verificada, dando fe de la originalidad del presente trabajo.

Ha emitido el siguiente veredicto: Se ha aprobado el Proyecto de Tesis para su Defensa Oral.

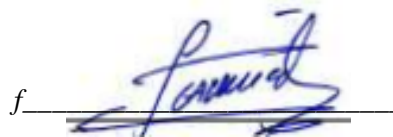
En la ciudad de Quito a los 22 días del mes de Abril del 2014



Ing. Galo Albán Soria
TUTOR DE TESIS



Dr. José Romero
ASESOR DE TESIS



Dr. Carlos Ordoñez
ASESOR DE TESIS

**UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA, MINAS, PETRÓLEOS Y AMBIENTAL
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

“Diseño de un sistema de pantanos artificiales para el tratamiento de aguas negras y grises del campo base y área de mantenimiento de la empresa Triboilgas en el cantón Coca”

Autor: Juan Vinueza E.

Tutor: Ing. Galo Albán

Abril 2014

RESUMEN DOCUMENTAL

Tesis sobre: “Diseño de un sistema de pantanos artificiales para el tratamiento de aguas negras y grises del campo base y área de mantenimiento de la empresa Triboilgas en el cantón Coca”. **OBJETIVO GENERAL:** Diseñar un sistema de pantanos artificiales para el tratamiento de aguas residuales negras y grises en el campo base y área de mantenimiento de la empresa “Triboilgas” en el Cantón Francisco De Orellana. **PROBLEMA:** Debido a las características de trabajo de las empresas petroleras dentro de sus instalaciones se han conformado campamentos que alojan al personal, generando la necesidad de desarrollar sistemas de tratamiento eficientes para depurar los efluentes producto de las actividades humanas. **HIPÓTESIS:** El tratamiento de las aguas negras y grises generadas en el campamento de la empresa Triboilgas Coca mediante un sistema de pantanos artificiales y los posibles usos al efluente tratado, contribuirá al cumplimiento de la normativa ambiental vigente. **MARCO TEÓRICO:** Aguas residuales, clasificación de aguas residuales, composición de aguas residuales, tipos de tratamientos, humedales artificiales. **MARCO REFERENCIAL:** El proyecto se desarrolla en la provincia de Orellana, el campamento específicamente se encuentra ubicado en el cantón Francisco de Orellana, en la parroquia Nuevo Paraíso **DISEÑO METODOLÓGICO:** Diseño del sistema de pantanos artificiales a partir de las características físico-químicas de las aguas residuales generadas en el área de estudio. **CONCLUSIÓN GENERAL:** La configuración del humedal presenta 2 celdas con un área de tratamiento de 108 m^2 por cada celda, está diseñado para entregar un efluente con 30 mg/L DBO (el valor inicial es de 269 mg/L) **RECOMENDACIÓN GENERAL:** realizar un muestreo del efluente tratado para verificar la eficiencia de remoción del sistema de tratamiento.

DESCRIPTORES:

PANTANOS ARTIFICIALES

LIMITES PERMISIBLES DE DESCARGA
TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES
FLUJO LAMINAR
FILTRO FÍSICO

CATEGORÍAS TEMÁTICAS: <Gestión Ambiental> <Diseño> <Factibilidad Técnica>
<Factibilidad Económica> <Ambiental> <Tratamiento> <Aguas residuales> <aguas residuales>

DOCUMENTAL SUMMARY

Thesis: "Design of a system of constructed wetlands to treat sewage and gray water area of the base and keeping the company in the Coca Triboilgas canton field." **GENERAL OBJECTIVE:** Develop a system of constructed wetlands for the treatment of black and gray waste water in the base and maintenance area of the company "Triboilgas" in Canton Francisco De Orellana field. **PROBLEM:** Due to the characteristics of corporate work petroleum within its facilities have been set up camps housing staff, generating the need for development of efficient treatment for purifying the product effluent of human activities. **HYPOTHESIS:** Treatment of sewage and gray water generated in the camp of the company Triboilgas Coca through a system of constructed wetlands and potential uses effluent treated, helping to meet current environmental regulations. **THEORETICAL FRAME:** wastewater classification wastewater composition wastewater rates treatment, constructed wetlands. **REFERENCE FRAMEWORK:** The project is located in the province of Orellana; specifically the camp is located in the canton Francisco de Orellana, in the parish Nuevo Paraíso. **DESIGN METHODOLOGY:** system design of constructed wetlands from the physic -chemical properties of the wastewater generated in the study area characteristics. **GENERAL CONCLUSION:** The configuration of the wetland has two cells with a treatment area of 108 m² per cell, is designed to deliver an effluent with 30 mg / L BOD (the initial value is 269 mg / L). **GENERAL RECOMMENDATION:** a sampling of treated effluent to verify removal efficiency of the treatment system.

WORDS:

ARTIFICIAL WETLANDS

DOWNLOAD LIMITS PERMISSIBLE

WASTEWATER TREATMENT

LAMINAR FLOW

PHYSICAL FILTER

THEMATIC CATEGORIES: <environmental management> <Design> <Feasibility> Technical>
<Feasibility Economic> <Legislation Environmental> <Wastewater> <Treatment> <Wastewater>

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE CUADROS	XV
ÍNDICE DE FIGURAS	XVII
ÍNDICE DE ANEXOS	XVIII
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	3
1 PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA.....	3
1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	3
1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	4
1.3 INTERROGANTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	4
1.4 Objetivos de la Investigación.....	4
1.4.1 Objetivo General	4
1.4.2 Objetivos Específicos.....	5
1.5 Justificación	5
1.6 Marco Legal y Normativo de Referencia.....	6
1.6.1 La Constitución de la República del Ecuador, expedida el 20 de Octubre de 2008, publicada en el R. O. No. 449	6
1.6.2 La Ley de Gestión Ambiental expedida en R.O. No. 245 de 30 de julio de 1999. ...	7
1.6.3 Ley forestal y de conservación de áreas naturales y vida silvestre Codificación 17, Registro Oficial Suplemento 418 de 10 de Septiembre del 2004. 104.....	7
1.6.4 Texto unificado de legislación ambiental secundaria Decreto Ejecutivo NO. 3399, publicado en el Registro Oficial No. 725 de 16 de diciembre de 2002.....	8
1.7 Marco Ético	9
CAPÍTULO II	10
2 MARCO REFERENCIAL	10
2.1.1 Localización Geográfica y Político Administrativa	10
2.2 Diagnóstico Ambiental	13
2.2.1 Descripción del área de influencia	13
2.2.2 Componente Socio Económico	13
2.2.2.1 Aspectos Demográficos.....	14
2.2.2.2 Educación	14
2.2.2.3 Salud.....	14
2.2.2.4 Descripción Socioeconómica	14
2.2.2.5 Vivienda y Servicios Básicos	15

2.2.2.6	Redes Viales	16
2.2.3	Componente Físico	16
2.2.3.1	Climatología	16
2.2.3.2	Hidrografía	19
2.2.3.3	Geología y Geomorfología	19
2.2.3.4	Áreas Ambientalmente prioritarias.....	20
2.2.4	Componente Biótico.....	20
CAPÍTULO III		23
3	MARCO CONCEPTUAL.....	23
3.1	Aguas residuales	23
3.2	Clasificación de las aguas residuales	23
3.2.1	Domésticas	23
3.2.2	Pluviales	23
3.2.3	Aguas de origen industrial	24
3.2.4	Aguas de origen agrícola.....	24
3.3	Constituyentes del agua residual.....	24
3.4	Tratamiento de aguas residuales	25
3.4.1	Tratamiento biológico de las aguas	26
3.5	Humedales	27
3.5.1	Humedal superficial de flujo libre (SFS)	27
3.5.2	Humedales artificiales de flujo subsuperficial SFSS	30
3.5.3	Elementos de un humedal artificial	31
3.5.3.1	Agua	32
3.5.3.2	Sustrato (medio granular).....	32
3.5.3.3	Vegetación.....	33
3.5.3.4	Microorganismos.....	33
3.5.4	Mecanismos de remoción de contaminantes	34
3.5.4.1	Remoción de DBO	35
3.5.4.2	Remoción de sólidos suspendidos	36
3.5.4.3	Remoción de bacterias.....	36
3.5.4.4	Remoción de nitrógeno	38
3.5.5	Consideraciones para el diseño de un humedal artificial	39
3.5.5.1	Esquemas de flujo	39
3.5.5.2	Relación largo-ancho (L/W).....	40
3.5.5.3	Humedales artificiales SFS o SFSS.....	40
3.5.5.4	Pendiente	41

3.5.5.5	Sustrato.....	41
3.5.6	Modelo general de diseño	42
3.5.6.1	Diseño Hidráulico.....	44
3.5.6.2	Porosidad.....	45
3.5.7	Consideraciones de construcción de un humedal artificial	46
3.5.7.1	Estructura de entrada y de salida	46
3.5.7.2	Sustrato Granular.....	46
3.5.7.3	Vegetación.....	47
CAPÍTULO IV		48
4	DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO	48
4.1	Caracterización del efluente a tratar.	48
4.2	Propuesta de diseño	49
4.2.1	CÁlculo del caudal de diseño.....	49
4.2.1.1	Caudal máximo horario de aguas residuales	49
4.2.2	Diseño del sistema de trampa de grasa.....	51
4.2.3	Diseño del sistema de humedal artificial SFSS.....	52
4.2.4	Dimensionamiento del humedal artificial	53
4.3	Consideraciones constructivas	59
4.3.1	Estructura de entrada y salida	59
4.3.2	Tipo de sustrato y vegetación.....	59
4.3.3	Impermeabilización.....	60
4.4	Análisis de los costos de implementación del diseño propuesto	60
4.5	Mantenimiento del sistema de tratamiento	62
4.6	Monitoreo del sistema de tratamiento.....	62
CAPÍTULO V		64
5	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	64
5.1	Conclusiones.....	64
5.2	Recomendaciones	65
CAPÍTULO VI.....		67
6	REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA	67
6.1	Bibliografía	67
6.2	Webgrafía	68
CAPÍTULO VII		69
7	ANEXOS	69

Anexo A, Glosario.....	69
Anexo B, Análisis de aguas residuales	72
Anexo C, Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce según el TULAS	73
Anexo D, Planos.....	75
Anexo E, hoja de vida	80

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1.	Coordenadas de ubicación del campo base y área de mantenimiento de la empresa Triboilgas en el Cantón Francisco De Orellana.....	11
Cuadro 2.	Población económicamente activa por rama de actividad económica.....	15
Cuadro 3.	Acceso de la población a los servicios básicos.....	16
Cuadro 4.	Estaciones Meteorológicas	16
Cuadro 5.	Registro histórico de pluviosidad mensual y anual de la estación Coca-Aeropuerto (2000-2010).....	17
Cuadro 6.	Registro histórico de temperatura media mensual y anual en la estación Coca- Aeropuerto (2000-2010).....	18
Cuadro 7.	Registro histórico de humedad relativa media mensual y anual en El Coca (2000- 2010).....	19
Cuadro 8.	Ocupación Superficial de Áreas Ambientalmente Prioritarias.....	20
Cuadro 9.	Flora representativa del área de influencia directa del Proyecto	21
Cuadro 10.	Especies de aves.....	21
Cuadro 11.	Especies de insectos	22
Cuadro 12.	Especies de mamíferos.....	22
Cuadro 13.	Principales constituyentes de interés en el tratamiento de aguas residuales.	25
Cuadro 14.	Ventajas y desventajas de un humedal SFS	29
Cuadro 15.	Ventajas y desventajas de un humedal SFSS	31
Cuadro 16.	Mecanismos de remoción en humedales artificiales	34
Cuadro 17.	Comparación entre sistemas de flujo humedal.....	37
Cuadro 18.	Características típicas de los medios para humedales SFSS	45
Cuadro 19.	Parámetros que incumplen la normativa	48
Cuadro 20.	Datos para el diseño de la trampa de grasa	51
Cuadro 21.	Dimensionamiento de la trampa de grasa de acuerdo al caudal.....	51
Cuadro 22.	Características de la trampa de grasa y aceites	52
Cuadro 23.	Datos para el diseño del humedal.....	52

Cuadro 24.	Dimensiones del sistema de humedal SFSS para los tres diseños	58
Cuadro 25.	Lista de rubros de la propuesta.....	60

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Mapa de ubicación del área de estudio.....	10
Figura 2.	Sistema de tratamiento y almacenamiento de agua de consumo	12
Figura 3.	Espacio disponible para la implantación del sistema	12
Figura 4.	Mapa de la parroquia Nuevo Paraíso.....	13
Figura 5.	Corte longitudinal de un humedal de flujo superficial	28
Figura 6.	Corte longitudinal de un humedal SFSS.....	30
Figura 7.	PROCESOS DE DEPURACIÓN DE LOS HUMEDALES ARTIFICIALES.....	35
Figura 8.	Diagrama del metabolismo del nitrógeno.....	38
Figura 9.	Detalle de un humedal de flujo subsuperficial	47
Figura 10.	Esquema de la propuesta de diseño	49

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo A, Glosario	69
Anexo B, Análisis de aguas residuales.....	72
Anexo C, Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce según el TULAS	73
Anexo D, Planos.....	75
Anexo E, Hoja de vida	80

INTRODUCCIÓN

Las aguas residuales son residuos provenientes de actividades domésticas o de procesos industriales, los cuales debido a sus composición no pueden ser descargadas sin un previo tratamiento en cualquier cuerpo de agua.

Básicamente los materiales a ser eliminados son de naturaleza orgánica, por lo que el tratamiento implica actividades de microorganismos que oxidan y convierten la materia orgánica en CO₂, por lo que en este tipo de tratamientos el papel de los microorganismos es trascendental.

Adicionalmente materiales inorgánicos como la arcilla, sedimentos y otros residuos se pueden eliminar por métodos mecánicos y químicos.

La eliminación de microorganismos patógenos es el objetivo principal del tratamiento de las aguas residuales, evitando de esta manera que estos microorganismos generen contaminación en cuerpos de agua o fuentes de abastecimiento

El tratamiento biológico de las aguas residuales comprende una compleja serie de reacciones de digestión y fermentación efectuadas por de diferentes especies de bacteria, la transformación de materia orgánica en CO₂ y gas metano es el resultado. Luego del tratamiento el efluente reduce su contenido de materia orgánica y microorganismos patógenos, y puede ser descargado en cuerpos de agua sin contaminarlos o ser reutilizado en diferentes actividades de acuerdo a sus características físico-químicas y biológicas.

El presente proyecto se enfoca en analizar la situación actual del área de estudio y las características de las aguas residuales generadas, en base a esto diseñar un sistema de pantanos artificiales que permitan cumplir con la normativa ambiental vigente en el país y plantear una posible reutilización.

En el Capítulo I se establece el planteamiento del problema, constituido por la formulación del problema, justificación, objetivos, hipótesis, marco legal y marco ético.

En el Capítulo II se presenta el levantamiento de información sobre el sitio de estudio realizando el diagnóstico ambiental de los componentes físico, social y biológico.

En el Capítulo III se presenta el marco conceptual que fundamenta el análisis teórico del tratamiento de aguas residuales mediante el uso de sistemas de depuración artificial como son los humedales.

En el Capítulo IV se detalla diseño y dimensionamiento del sistema de pantanos artificiales de flujo subsuperficial.

En el Capítulo V se definen las conclusiones y recomendaciones de la presente investigación, planteando el diseño del sistema como una opción viable de implantación.

En el Capítulo VI se describen todas las fuentes de consulta bibliográficas y webgráficas que fueron utilizadas en el desarrollo teórico de la investigación.

En el Capítulo VII se exponen los anexos que contribuyeron al diseño del sistema de tratamiento.

CAPÍTULO I

1 PRESENTACIÓN DEL PROBLEMA

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En toda población o institución existe la generación de desechos sólidos y líquidos, los efluentes líquidos son esencialmente agua que ha sido contaminada durante el uso para el cual esta ha sido destinada, si se permite su acumulación o estancamiento se generan grandes cantidades de gases que producen malos olores debido a los procesos de descomposición de la materia orgánica, adicionalmente este tipo de efluentes contiene una serie de microorganismos patógenos perjudiciales para la salud y causantes de enfermedades.

Debido a las características de trabajo de las empresas petroleras dentro de sus instalaciones se han conformado campamentos que alojan al personal, generando la necesidad de desarrollar sistemas de tratamiento eficientes para depurar los efluentes producto de las actividades humanas.

La empresa Triboilgas es una empresa prestadora de servicios petroleros, la cual cuenta con un conjunto de equipos pesados y transporte como son: (Unidad de pistoneo, reacondicionamiento, SWAB, camas bajas, camas altas, winches, grúas telescópicas, payloader, montacargas, camionetas, etc.), posee tres áreas de mantenimiento para estos equipos, las que se encuentran en ubicados en Tambillo (Quito), Lago Agrio y en Francisco de Orellana (Coca).

Triboilgas cumpliendo con sus obligaciones ambientales considera indispensable implementar un sistema de tratamiento de aguas servida que permita cumplir con la normativa ambiental, cuidar el ambiente y permita una posible reutilización de dichos efluentes.

El requerimiento de implantar un sistema de tratamiento apropiado para la descarga de aguas negras y grises que produce el campamento del personal que trabaja en el área de mantenimiento en el Coca surge de la predisposición de la empresa a cuidar la salud de sus trabajadores, cumplir con la normativa ambiental vigente en el país y reducir la contaminación ambiental y los graves problemas que se producen si estos efluentes son descargados al medio ambiente sin haber sido depurados antes.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

Analizados los requerimientos del campo base y área de mantenimiento de la empresa Triboilgas en el Cantón Francisco De Orellana se plantea el siguiente problema de investigación:

¿El diseño de un sistema de pantanos artificiales para el tratamiento de aguas negras y grises del campo base y área de mantenimiento de la empresa Triboilgas en el Cantón Coca, permita reducir la contaminación del efluente del campamento y cumplir con la normativa ambiental vigente en el país?

1.3 INTERROGANTES DE LA INVESTIGACIÓN

Ante lo descrito se plantean las siguientes preguntas de investigación:

- ¿Es necesaria la implementación de un sistema de tratamiento de aguas grises y negras en el campamento El Coca de la empresa Triboilgas?
- ¿Cuál es el caudal de aguas residuales generado en el campamento El Coca de la empresa Triboilgas?
- ¿Qué composición tienen las aguas residuales que se generan en el Campamento El Coca de la empresa Triboilgas?
- ¿Es viable el tratamiento de las aguas grises y negras mediante el uso de un sistema de pantanos artificiales?

1.4 OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Diseñar un sistema de pantanos artificiales para el tratamiento de aguas residuales negras y grises en el campo base y área de mantenimiento de la empresa "Triboilgas" en el cantón Francisco De Orellana.

1.4.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Realizar el levantamiento de información de línea base, para conocer la información disponible.
- Identificar las condiciones actuales del campamento para establecer las características físicas y químicas de los efluentes (aguas negras y grises) del campo base y área de mantenimiento de la empresa "Triboilgas"
- Evaluar los parámetros de las aguas negras y grises de acuerdo a la legislación ambiental vigente, para validar el cumplimiento de límites permisibles.
- Evaluar las alternativas de diseño de pantanos artificiales acorde a las necesidades de tratamiento de los efluentes generados y las características físicas del sitio de estudio, para definir cuál sistema es viable su implementación.
- Diseñar un sistema de tratamiento de aguas residuales mediante pantanos artificiales, para descargar las aguas sin afectar al ambiente y cumplir con la normativa ambiental vigente.

1.5 JUSTIFICACIÓN

Debido a las características de la industria petrolera en el Ecuador, actividades de este tipo han creado la necesidad de implementar campamentos base para el alojamiento del personal y áreas de operación y mantenimiento de equipos, viéndose ligadas de esta manera con la generación de residuos que sin un adecuado tratamiento producen contaminación de los medios biótico, abiótico y antrópico.

La predisposición actual de las empresas que desarrollan actividades relacionadas con el área hidrocarburífera a mejorar sus procesos productivos y a cumplir a cabalidad con los parámetros de cumplimiento que exige la normativa ambiental actual, genera la necesidad de implementar sistemas de tratamiento para los desechos que se generan en este tipo de procesos productivos.

Por lo cual el presente trabajo tiene gran importancia debido a que las aguas residuales negras y grises en el campo base y área de mantenimiento de la empresa "Triboilgas" en el Cantón Francisco De Orellana, no cuentan con un sistema de depuración, simplemente son descargados a través de un sistema de alcantarillado hacia una poza séptica.

El presente estudio de investigación pretende ser un aporte teórico y práctico que garantice el mejoramiento de la gestión de las aguas negras y grises en la empresa TRIBOILGAS y el cumplimiento de la normativa ambiental vigente, mediante el uso de un pantano artificial.

1.6 MARCO LEGAL Y NORMATIVO DE REFERENCIA

1.6.1 LA CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, EXPEDIDA EL 20 DE OCTUBRE DE 2008, PUBLICADA EN EL R. O. NO. 449

Título II Derechos

Capítulo Segundo; Derechos del Buen Vivir

Art. 12.- El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua corresponde patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*.

Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados.

Art. 72.- La naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente de la obligación que tienen el Estado y las personas naturales o jurídicas de indemnizar a los individuos y colectivos que dependan de los sistemas naturales afectados.

Título VII Régimen Del Buen Vivir

Capítulo Segundo; Biodiversidad y Recursos Naturales

Sección primera

Naturaleza y ambiente

Art. 396.- El Estado adoptará las políticas y medidas oportunas que eviten los Impactos ambientales negativos, cuando exista certidumbre de daño. En caso de duda sobre el impacto ambiental de alguna acción u omisión, aunque no exista evidencia científica del daño, el Estado adoptará medidas protectoras eficaces y oportunas.

La responsabilidad por daños ambientales es objetiva. Todo daño al ambiente, además de las sanciones correspondientes, implicará también la obligación de restaurar integralmente los ecosistemas e Indemnizar a las personas y comunidades afectadas.

Cada uno de los actores de los procesos de producción, distribución, comercialización y uso de bienes o servicios asumirá la responsabilidad directa de prevenir cualquier impacto ambiental, de

mitigar y reparar los daños que ha causado, y de mantener un sistema de control ambiental permanente.

Las acciones legales para perseguir y sancionar por daños ambientales serán imprescriptibles.

4.5.2 Ley De Prevención Y Control De La Contaminación ambiental

Codificación 20, Registro Oficial Suplemento 418 de 10 de Septiembre del 2004.

Capítulo II, de la Prevención y Control de la Contaminación de las Aguas

Art. 8.- Los Ministerios de Salud y del Ambiente, en sus respectivas áreas de competencia, fijarán el grado de tratamiento que deban tener los residuos líquidos a descargar en el cuerpo receptor, cualquiera sea su origen.

Art. 9.- Los Ministerios de Salud y del Ambiente, en sus respectivas áreas de competencia, también, están facultados para supervisar la construcción de las plantas de tratamiento de aguas residuales, así como de su operación y mantenimiento, con el propósito de lograr los objetivos de esta Ley.

1.6.2 LA LEY DE GESTIÓN AMBIENTAL EXPEDIDA EN R.O. NO. 245 DE 30 DE JULIO DE 1999.

Título I, Ámbito Y Principios De La Ley

Art. 2.- La gestión ambiental se sujeta a los principios de solidaridad, corresponsabilidad, cooperación, coordinación, reciclaje y reutilización de desechos, utilización de tecnologías alternativas ambientalmente sustentables y respecto a las culturas y prácticas tradicionales.

1.6.3 LEY FORESTAL Y DE CONSERVACIÓN DE ÁREAS NATURALES Y VIDA SILVESTRE CODIFICACIÓN 17, REGISTRO OFICIAL SUPLEMENTO 418 DE 10 DE SEPTIEMBRE DEL 2004. 104

Art. 73.- La flora y fauna silvestres son de dominio del Estado y corresponde al Ministerio del Ambiente su conservación, protección y administración, para lo cual ejercerá las siguientes funciones:

b) Prevenir y controlar la contaminación del suelo y de las aguas, así como la degradación del medio ambiente;

**1.6.4 TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACIÓN AMBIENTAL SECUNDARIA
DECRETO EJECUTIVO NO. 3399, PUBLICADO EN EL REGISTRO OFICIAL
NO. 725 DE 16 DE DICIEMBRE DE 2002**

Norma de Calidad Ambiental y de Descarga de Efluentes: Recurso Agua

4.2 Criterios generales para la descarga de efluentes

4.2.1 Normas generales para descarga de efluentes, tanto al sistema de alcantarillado, como a los cuerpos de agua

4.2.1.3 Se prohíbe la utilización de cualquier tipo de agua, con el propósito de diluir los efluentes líquidos no tratados.

4.2.1.9 Los sistemas de drenaje para las aguas domésticas, industriales y pluviales que se generen en una industria, deberán encontrarse separadas en sus respectivos sistemas o colectores.

4.2.1.12 Se prohíbe la infiltración al suelo, de efluentes industriales tratados y no tratados, sin permiso de la Entidad Ambiental de Control.

4.2.1.14 El regulado deberá disponer de sitios adecuados para caracterización y aforo de sus efluentes y proporcionarán todas las facilidades para que el personal técnico encargado del control pueda efectuar su trabajo de la mejor manera posible.

A la salida de las descargas de los efluentes no tratados y de los tratados, deberán existir sistemas apropiados, ubicados para medición de caudales. Para la medición del caudal en canales o tuberías se usarán vertederos rectangulares o triangulares, medidor Parshall u otros aprobados por la Entidad Ambiental de Control.

La tubería o canal de conducción y descarga de los efluentes, deberá ser conectada con un tanque de disipación de energía y acumulación de líquido, el cual se ubicará en un lugar nivelado y libre de perturbaciones, antes de llegar al vertedero. El vertedero deberá estar nivelado en sentido perpendicular al fondo del canal y sus características dependerán del tipo de vertedero y del ancho del canal o tanque de aproximación.

Normas de Descarga de Efluentes a un Cuerpo de Agua o Receptor: Agua Dulce y Agua Marina

4.2.3.3 Los regulados que exploren, exploten, refinen, transformen, procesen, transporten o almacenen hidrocarburos o sustancias peligrosas susceptibles de contaminar cuerpos de agua

deberán contar y aplicar un plan de contingencia para la prevención y control de derrames, el cual deberá ser aprobado y verificado por la Entidad Ambiental de Control.

4.2.3.7 Toda descarga a un cuerpo de agua dulce, deberá cumplir con los valores establecidos en el Anexo C.

1.7 MARCO ÉTICO

El presente estudio no atenta contra los intereses de la empresa puesto que se desarrollará en un marco de respeto de los principios y políticas institucionales de TRIBOILGAS, y a la vez garantiza la veracidad y el manejo adecuado de los resultados obtenidos lo que demuestra la responsabilidad en el cuidado del ambiente. Además se cuenta con el consentimiento informado de las autoridades, quienes conocen los objetivos de esta investigación.

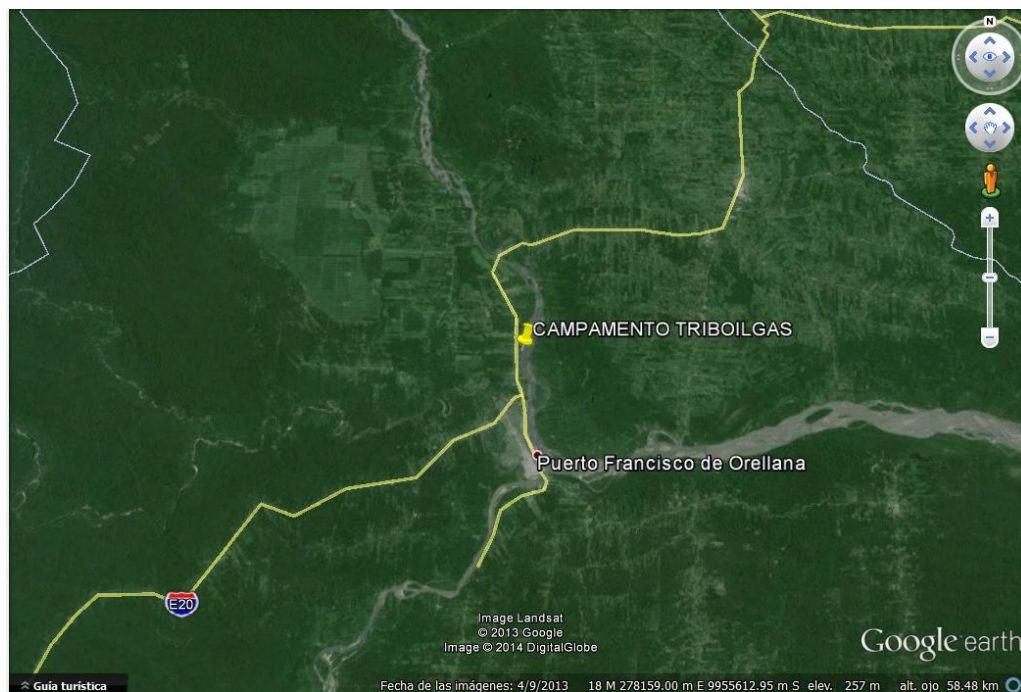
CAPÍTULO II

2 MARCO REFERENCIAL

2.1.1 LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA Y POLÍTICO ADMINISTRATIVA

El campamento base y área de mantenimiento de la empresa Triboilgas objeto del estudio se encuentra ubicado en la provincia de Orellana, en el cantón Francisco de Orellana, en la parroquia Nuevo Paraíso, en la comunidad San Cristóbal Sus instalaciones se asientan en un terreno propiedad de la empresa, por el lindero posterior a aproximadamente 140 m linda con el río Coca.

Figura 1. Mapa de ubicación del área de estudio



Fuente: Google Earth 2013
Elaborado por: Sebastian Vinueza

Cuadro 1. Coordenadas de ubicación del campo base y área de mantenimiento de la empresa

Triboilgas en el Cantón Francisco De Orellana

PUNTOS	Coordenadas: Universal Transversa de Mercator (UTM) Zona 18S		Coordenadas Geográficas	
	X	Y	Oeste	Sur
1	277.778	9955641	76°59'47''	0°24'38''
2	277.794	9955525	76°59'46''	0°24'7''
3	278.157	9955497	76°59'90''	0°24'8''
4	278.170	9955618	76°59'43''	0°24'5''

Fuente: Visita de Campo

Elaborado por: Sebastian Vinueza

El campamento y área de mantenimiento de la empresa Triboilgas-Coca se encuentra asentado en un terreno de propiedad de la empresa, con un área de 5 ha, la cual está distribuida de la siguiente manera:

- Oficinas y área administrativa.
- Taller de herramienta.
- Área de parqueadero.
- Bodega, duchas.
- Sector de almacenamiento de combustibles.
- Bodega general.
- Taller de mecánica y lavadora de vehículos.
- Área de habitaciones.
- Parqueadero público, trampas de grasas, almacenamiento temporal de desechos sólidos, almacenamiento de combustibles, áreas verdes, áreas de seguridad, garita, áreas de recreación y patios de maniobras.

Las instalaciones del campamento tienen una capacidad máxima para alojar a 150 personas. El área disponible para el sistema de tratamiento es de 1945 m².

Debido a las condiciones de ubicación del sitio el agua proviene de un pozo que posteriormente es tratada mediante un sistema de filtrado y almacenado en un tanque reservorio de 5000 litros

Figura 2. Sistema de tratamiento y almacenamiento de agua de consumo



Fuente: Visita de Campo

Elaborado por: Sebastian Vinueza

El área disponible para la implantación del sistema de tratamiento es de 1945 m² y se encuentra ubicado en la parte posterior de todas las instalaciones del campamento.

Figura 3. Espacio disponible para la implantación del sistema



Fuente: Visita de Campo

Elaborado por: Sebastian Vinueza

2.2 DIAGNÓSTICO AMBIENTAL

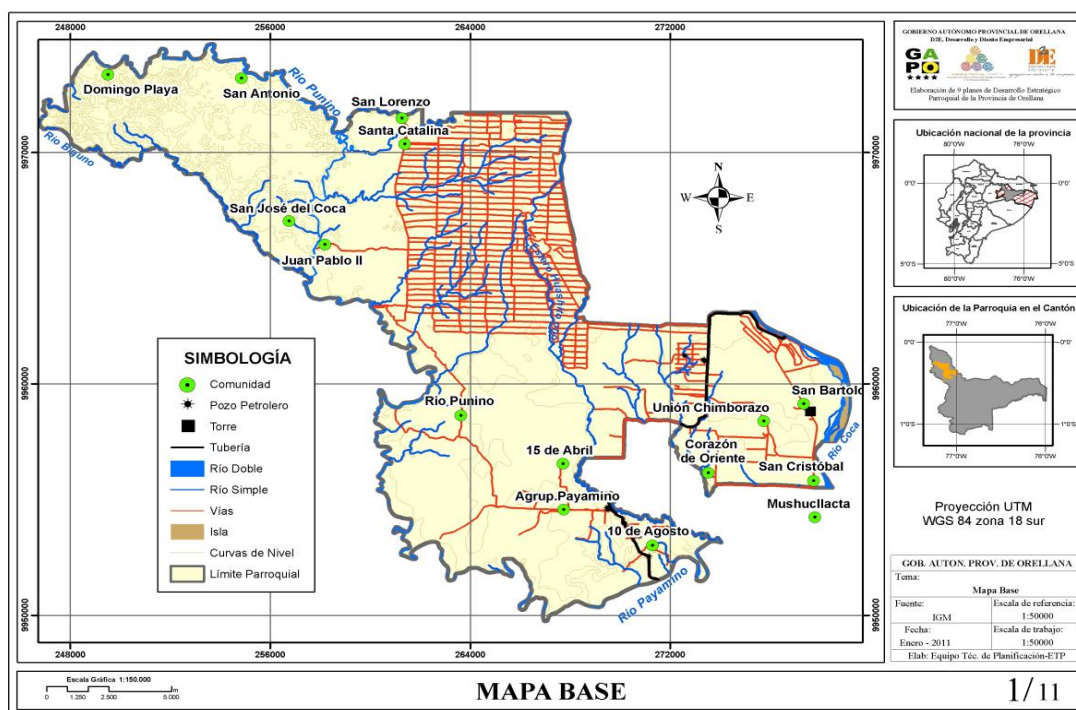
2.2.1 DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE INFLUENCIA

Se diferencian dos áreas de influencia para el campamento base y área de mantenimiento de la empresa Triboilgas el Coca, el Área de Influencia Directa (AID), es decir donde se generan los impactos directos, producto de las instalaciones, el Área de Influencia Indirecta (AII), es la que se encuentra relacionada con un espacio geográfico más amplio, considera los posibles impactos indirectos de las actividades del campamento Triboigas en las poblaciones más cercanas a las instalaciones.

2.2.2 COMPONENTE SOCIO ECONÓMICO

La parroquia Nuevo Paraíso tiene una superficie de 302,28¹ Km², se encuentra situada entre los 200 y 300 msnm

Figura 4. Mapa de la parroquia Nuevo Paraíso



Fuente: Plan De Desarrollo Participativo Del Gobierno Parroquial De Nuevo Paraíso 2011 -2015

¹ Plan De Desarrollo Participativo Del Gobierno Parroquial De Nuevo Paraíso 2011 -2015

Límites:

Norte: con la Parroquia San José de Guayusa.

Sur: con Parroquia San Luis de Armenia, Parroquia Urbana Pto. Francisco de Orellana.

Este: con Parroquia San Sebastián del Coca, Parroquia Urbana Pto. Francisco de Orellana.

Oeste: con Parroquia San Luis de Armenia y Cantón El Chaco (Provincia de Napo).

2.2.2.1 Aspectos Demográficos

De acuerdo con el Censo del INEC 2010, la población de la Parroquia El Paraíso es de 2717 habitantes, representa el 3.7% del total del cantón Francisco de Orellana. Un 56.61% de la población son hombres y un 43.39% son mujeres.

2.2.2.2 Educación

La parroquia de Nuevo Paraíso cuenta con una tasa de Analfabetismo del 11.46%², la parroquia cuenta con 17 centros educativos que se encuentran distribuidos a nivel de las comunidades, estos centros educativos prestan su servicio indistintamente a toda la población del sector, desarrollan sus actividades en locales propios, el número de aulas varía en un rango de 1-5, los centros educativos no cuentan en su totalidad con los servicios básicos, existe una alta deficiencia en la infraestructura como en el equipamiento³.

2.2.2.3 Salud

La parroquia de Nuevo Paraíso cuenta con un Subcentro de salud.

2.2.2.4 Descripción Socioeconómica

Los Datos del VII Censo de Población y VI de Vivienda – 2010 muestran que el desarrollo productivo de la parroquia dada la composición social y las características ambientales del sector, la agricultura es la mayor actividad económica, la población restante desarrolla actividades en entidades públicas, son

² Datos del VII Censo de Población y VI de Vivienda - 2010

³ PLAN DE DESARROLLO PARTICIPATIVO DEL GOBIERNO PARROQUIAL DE NUEVO PARAÍSO 2011 -2015

obreros privados, desarrolla actividades domésticas, en la siguiente tabla se describe la actividad económica de la parroquia más a fondo.

Cuadro 2. Población económicamente activa por rama de actividad económica

RAMA DE ACTIVIDAD ECONÓMICA	POBLACIÓN	%
Empleado/a, Obrero/a, del Estado, Gobierno, Municipio, Consejo Provincial, Juntas parroquiales	76	7.04
Empleado/a, Obrero/a, Privado	292	27.04
Jornalero/a o Peón	115	10.65
Patrono/a	7	0.65
Socio/a	8	0.74
Cuenta propia	486	45
Trabajador/a no remunerado	3	0.28
Empleado/a Domestico/a	39	3.61
Se ignora	54	5
TOTAL	1080	100

Fuente: VII Censo de Población y VI de Vivienda – 2010

Elaborado por: Sebastian Vinueza

2.2.2.5 Vivienda y Servicios Básicos

De acuerdo con los datos del VII Censo de Población y VI de Vivienda – 2010 solamente el 19.68% de las viviendas son ladrillo o bloque y el 2.86% son de hormigón, existiendo entonces un predominante uso en la construcción de materiales como madera y cubiertas de hoja de palma o zinc.

En lo que respecta a la cobertura de los principales servicios básicos en la parroquia existe varias falencias como se describe en la siguiente tabla:

Cuadro 3. Acceso de la población a los servicios básicos

TIPO DE SERVICIO	%
Servicio eléctrico	67.79
Red de alcantarillado	7.33
Agua entubada por red pública dentro de la vivienda	8.22
Servicio telefónico convencional	1.95

Fuente: VII Censo de Población y VI de Vivienda – 2010

Elaborado por: Sebastian Vinueza

2.2.2.6 Redes Viales

De acuerdo a lo descrito en el Plan De Desarrollo Participativo Del Gobierno Parroquial De Nuevo Paraíso 2011 -2015, el 95% de las carreteras son de lastre y se encuentran en condiciones regulares.

2.2.3 COMPONENTE FÍSICO

2.2.3.1 Climatología

Para el análisis climático se revisaron los parámetros meteorológicos registrados en la estación Coca-Aeropuerto que debido a su ubicación es la estación más cercana al sitio de estudio y con información actualizada, esta información es representativa del área de estudio.

Cuadro 4. Estaciones Meteorológicas

CÓDIGO	NOMBRE	LATITUD	LONGITUD	ALTITUD
M-052	Coca-Aeropuerto	00°27'8''S	76°59'02''W	299.9

Fuente: Registros Históricos de la DAC

Elaborado por: Sebastian Vinueza

- **Pluviosidad**

La precipitación media anual es de 3405,4mm en el periodo (2000-2010) es una precipitación característica del clima muy húmedo tropical, siendo los meses con mayor pluviosidad Abril y Mayo, en contraste los meses Agosto, Septiembre y Octubre son los menos lluviosos como se muestra en la siguiente tabla.

Cuadro 5. Registro histórico de pluviosidad mensual y anual de la estación Coca-Aeropuerto (2000-2010)

AÑO	MES												MEDIA ANUAL mm
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
2000	218	269	281.7	329.1	634.7	493.7	265.6	217.4	243.7	291	266.9	275.3	3786.1
2001	210.2	158.3	385.5	315.7	495.5	301.8	264.2	172.4	329.6	420.8	337.5	393.1	3784.6
2002	187.5	240.4	408	344.8	438.7	388.9	354.5	87.3	128.9	407.5	459.3	314.7	3760.5
2003	212.6	207.8	298.7	384.4	445.4	474.5	186.1	204.1	188.2	311.4	434.8	346.3	3694.3
2004	73.8	45.2	451.9	291	603.8	308.8	474.3	115.6	170.3	172.8	345.4	177.2	3230.1
2005	191.7	537.2	190.1	456.3	309.2	179.3	206.4	175.9	153.2	298.8	262.4	427.2	3387.7
2006	328.4	269.4	567.7	366.2	170.8	362.1	198.6	268.3	267	331.3	265.5	284.8	3680.1
2007	275.1	31.6	245.3	407.7	221.3	343.2	209.1	167.5	323.7	214	317.6	438.1	3194.2
2008	330.2	423.7	180.2	379.4	430	337.6	190.7	189.9	237	188.9	207.6	251	3346.2
2009	322.6	330.7	482.9	404	284	214.4	165.4	261.7	170.8	179.4	230.3	152.7	3198.9
2010	101.3	200.6	151.7	314.9	221.9	279.6	154.6	50.6	135.8	204.9	202.2	378.9	2397
Promedio	222.85	246.72	331.25	363.05	386.85	334.90	242.68	173.70	213.47	274.62	302.68	312.66	3405.4

Fuente: Registros Históricos de la DAC

Elaborado por: Sebastian Vinueza

- **Temperatura**

La temperatura media anual en el periodo considerado es de 26.8 °C, característica de una región con un clima muy Húmedo Tropical, las máximas temperaturas se registran en los meses de Enero, Octubre y Diciembre, en los meses de Junio y Julio se registran las temperaturas mínimas como se describe en la siguiente tabla.

Cuadro 6. Registro histórico de temperatura media mensual y anual en la estación Coca-
Aeropuerto (2000-2010)

Año	MES												MEDIA ANUAL °C
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
2000	27.9	27.2	26.8	26	26	25.4	25.2	26.4	27.5	27.6	28.6	27.6	26.9
2001	26.8	27	26.3	26.6	26.3	25	25.8	26.1	27.2	28.6	27.1	26.9	26.6
2002	28.4	27.2	26.3	27.1	26.3	25.9	25.9	27	28.1	27.6	27.4	27.9	27.1
2003	27.8	27	26.1	26.1	26.7	25.5	25.9	25.4	26.1	26.6	27.7	27.6	26.5
2004	29	28.1	26.7	27.1	26.4	25.6	25.7	26.9	27	27.7	27.8	27.9	27.2
2005	27.9	27	27	26.4	27	27	26.6	27.3	27.5	27.5	27.9	26.7	27.2
2006	26.3	27.3	25.9	26.6	26.1	25.4	25.6	26.2	26.9	27.5	26.5	26.2	26.4
2007	26.7	28.3	26.1	26.4	26.2	24.9	26.2	26.8	26.2	26.9	27.2	27.1	26.6
2008	26.6	25.5	26	26.7	25.5	25.4	25.6	27	26.6	27.4	27	27.9	26.4
2009	26	26.5	25.8	26.2	26.7	25.6	26.2	27	27.9	28.1	28.4	27.9	26.9
2010	28.5	27.4	27.8	27.6	27.2	26.3	26	27.3	28.6	28.2	27.3	27.1	27.4
Promedio	27.4	27.1	26.4	26.6	26.4	25.6	25.9	26.7	27.2	27.6	27.5	27.3	26.8

Fuente: Registros Históricos de la DAC

Elaborado por: Sebastian Vinueza

- **Humedad**

En el área de estudio se registra una humedad media anual del 78%, registrándose en los meses de abril, mayo, junio, julio los máximos valores y en los meses de septiembre, octubre los mínimos valores.

Cuadro 7. Registro histórico de humedad relativa media mensual y anual en El Coca (2000-2010)

AÑO	MES												MEDIA ANUAL (%)
	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	SEP	OCT	NOV	DIC	
2000	74	75	78	81	82	84	83	79	74	75	73	75	78
2001	76	76	79	78	81	81	80	77	75	73	78	80	78
2002	72	79	82	77	82	80	80	75	71	75	76	75	77
2003	76	80	83	80	85	80	80	77	76	75	76	80	79
2004	72	73	81	80	82	82	81	75	76	76	77	75	78
2005	75	79	80	83	81	79	77	75	75	76	76	77	78
2006	80	77	83	85	79	81	79	77	76	74	79	82	79
2007	80	71	82	81	81	85	78	76	78	77	78	77	79
2008	78	83	81	79	84	83	81	76	78	76	80	75	80
2009	83	81	84	83	79	83	80	77	73	74	75	76	79
2010	72	81	79	80	80	81	80	75	71	73	80	80	78
Prom	76	78	81	81	81	82	80	76	75	75	77	77	78

Fuente: Registros Históricos de la DAC

Elaborado por: Sebastian Vinueza

2.2.3.2 Hidrografía

El área de estudio se encuentra en la subcuenca del Río Coca, el mismo que, conjuntamente con el Río Payamino forman el Río Napo, constituyendo parte del sistema fluvial de la Cuenca del Río Napo, atravesando sinuosamente la provincia de Orellana.

2.2.3.3 Geología y Geomorfología

El relieve del área de estudio se caracteriza por una estructuración colinada, las colinas medias indican la transición geomorfológica entre colinas altas y las llanuras. Las colinas medias se presentan sobre areniscas, conglomerados y arcillas.

El suelo del área de estudio es de tipo arcilloso de textura delgada y características ferruginosas existe porciones de suelo negro de textura media debido a su cercanía con el río Coca.

2.2.3.4 Áreas Ambientalmente prioritarias

Son áreas que requieren un manejo adecuado para proteger el patrimonio natural y garantizar la oferta ambiental (SENPLADES, 2010)

El Plan De Desarrollo Participativo Del Gobierno Parroquial De Nuevo Paraíso 2011 -2015, menciona que dentro del territorio de la parroquia no se detectaron superficies declaradas como Bosque Protector o Área Protegida, sin embargo al territorio de estudio se lo dividió de la siguiente manera:

Cuadro 8. Ocupación Superficial de Áreas Ambientalmente Prioritarias.

Tipo de Uso	Ha	%
Bosque Natural	10951,0	62%
Bosque Protector Napo Payamino	4,2	0,02%
Intervenida	6015,0	34%
Otras áreas (río, arena, etc.)	745,0	4%
*Superficie Total parroquial: ha	17.715	100%

Fuente: Plan De Desarrollo Participativo Del Gobierno Parroquial De Nuevo Paraíso 2011 -2015

Elaborado por: Sebastian Vinueza

El campamento base y área de mantenimiento de la empresa Triboilgas en el Coca, se encuentra dentro del territorio de áreas intervenidas por el hombre.

2.2.4 COMPONENTE BIÓTICO

Las especies vegetales representativas encontradas en el área de influencia directa e indirecta del proyecto, se resumen en la siguiente tabla

Cuadro 9. Flora representativa del área de influencia directa del Proyecto

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE	USO
MIMOSACEAE	<i>Inga edulis</i>	Guaba	Comestible
MELASTOMATACEA	<i>Miconia nervosa</i>	*	*
ARACEAE	<i>Xanthosoma daguense</i>	Camacho	Ornamental
RUTACEAE	<i>Citrus maxima</i>	Limón	Comestible
STERCULIACEAE	<i>Theobroma cacao</i>	Cacao	Comestible
ARACEAE	<i>Colacasia esculenta</i>	Papa china	Comestible
MUSACEAE	<i>Musa x paradisiaca</i>	Plátano	Comestible
CYPERACEAE	<i>Cyperus sp.</i>	Maleza	*
POACEAE	<i>Axonopus scoparius</i>	Pasto	Forraje
PIPERACEAE	<i>Piper asperiusculum</i>	Matico	Medicinal

*No se conoce un uso práctico en los pobladores de la zona.

Fuente: EIA, Construcción del campamento y área de mantenimiento de la empresa Triboilgas

La fauna del Área de Influencia Directa del campamento de la empresa Triboilgas se resume en las siguientes tablas:

Cuadro 10. Especies de aves

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE VULGAR	DIETA
Cathartidae	<i>Coragyps atratus</i>	Gallinazo Negro	Carroñera
Ardeidae	<i>Bubulcus ibis</i>	Garza Bueyera	Insectívora
Columbidae	<i>Columbina talpacoti</i>	Tortolita colorada	Semillera
Hirundinidae	<i>Stelgidopteryx ruficollis</i>	Golondrina Alirrasposa	Insectívora
Tyrannidae	<i>Tyrannus melancholicus</i>	Tirano Tropical	Insectívora
Thraupidae	<i>Traupis episcopus</i>	Tangara Azuleja	Frugívora

Fuente: EIA, Construcción del campamento y área de mantenimiento de la empresa Triboilgas

Cuadro 11. Especies de insectos

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE COMÚN
Gryllidae	<i>Gryllus sp.</i>	Grillo
Tettigonnidae	<i>Cycloptera sp.</i>	Saltamontes
Nymphalidae	<i>Melinaea sp.</i>	Mariposa
Nymphalidae	<i>Piera lucia</i>	Morfo
Hesperiidae	<i>Urbanus sp.</i>	Mariposa
Cicadidae	<i>Magisicada septendecim</i>	Cigarra
Formicidae	<i>Camponotus sp.</i>	Hormiga Cabezona
Lampyridae	<i>Anomala sp</i>	Luciernaga
Scarabidae	<i>Deltachilun parile</i>	Escarabajo

Fuente: EIA, Construcción del campamento y área de mantenimiento de la empresa Triboilgas

Cuadro 12. Especies de mamíferos

FAMILIA	ESPECIE	NOMBRE VULGAR
Echimyidae	<i>Proechimys spp.</i>	Rata espinosa
Didelphidae	<i>Caluromys lanatus</i>	Raposa
Phyllostomidae	<i>Carollia brevicauda</i>	Murciélago Común

Fuente: EIA, Construcción del campamento y área de mantenimiento de la empresa Triboilgas

Dentro de las especies de fauna registrada no se identifican ningún grupo que se encuentre en alguna de las categorías de amenaza.

CAPÍTULO III

3 MARCO CONCEPTUAL

3.1 AGUAS RESIDUALES

Las aguas residuales son las que provienen del sistema de abastecimiento de agua de una población. Después de haber sido modificadas por diversos usos en actividades domésticas, industriales y comunitarias, son recogidas por una red de alcantarillado que las conducirá hacia el humedal, en este caso (Mara, 2000).

3.2 CLASIFICACIÓN DE LAS AGUAS RESIDUALES

De acuerdo a las principales fuentes de contaminación se puede clasificar a las aguas residuales de la siguiente manera

3.2.1 DOMÉSTICAS

Son aguas originadas en las viviendas o instalaciones comerciales o públicas. Aguas fecales y aguas de lavado y limpieza son los principales componentes de las aguas residuales de origen doméstico. Contienen gérmenes patógenos, materia orgánica, sólidos, detergentes, nitrógeno y fósforo principalmente.

3.2.2 PLUVIALES

Son aguas caracterizadas por su escasa contaminación, provienen principalmente de drenajes o de escorrentía superficial, siendo de tal manera de aportación intermitente.

3.2.3 AGUAS DE ORIGEN INDUSTRIAL

El agua de abastecimiento dentro de cada industria es utilizada fundamentalmente como: aguas de proceso, limpieza, refrigeración y calefacción, en gran proporción se transformará en agua residual, la contaminación generada dependerá del tipo de agua residual que generen los procesos citados anteriormente, caracterizando de esta manera a las aguas residuales industriales por su variedad y variabilidad.

3.2.4 AGUAS DE ORIGEN AGRÍCOLA

Los principales contaminantes que constituyen este tipo de aguas residuales se deben al arrastre de las aguas lluvias y aguas de riego de los productos usados en la agricultura como abonos, pesticidas, herbicidas, etc.

Las principales masas de agua receptoras de estos contaminantes son los ríos, embalses y acuíferos, perjudicando y modificando características físicas y químicas del agua de estos cursos receptores, debido a la falta de tratamiento de estos efluentes, los efectos de contaminación generados pueden afectar los usos posteriores de líquido vital del cauce contaminado.

3.3 CONSTITUYENTES DEL AGUA RESIDUAL

Básicamente los constituyentes en las aguas residuales pueden ser clasificados como físicos, químicos y biológicos, parámetros mediante los cuales se puede determinar el grado de contaminación del efluente y el tratamiento adecuado para la respectiva depuración.

En el siguiente cuadro se presentan los principales constituyentes de un agua residual típica y las principales características contaminantes del mismo.

Cuadro 13. Principales constituyentes de interés en el tratamiento de aguas residuales.

CONSTITUYENTES	RAZONES DE INTERÉS
Sólidos suspendidos totales	Formación de depósitos de lodos y condiciones anaerobias
Compuestos orgánicos biodegradables	Aglomeramiento de oxígeno en fuentes naturales y desarrollo de condiciones sépticas
Constituyentes inorgánicos disueltos (ej. Sólidos disueltos totales)	Constituyentes inorgánicos adicionados por el uso. Aplicaciones en el reciclaje y en la reutilización de aguas residuales
Metales pesados	Constituyentes metálicos adicionados por el uso. Muchos metales se clasifican como polutantes de prioridad
Nutrientes	Crecimiento excesivo de la vida acuática indeseable, eutrofización, concentración nitratos en agua para consumo
Patógenos	Transmisión de enfermedades
Polutantes orgánicos prioritarios	Sospechas de ser cancerígenas, mutagénicos, toxicidad aguda. Muchos compuestos polutantes son resistentes a los métodos de tratamiento convencionales(conocidos como compuestos orgánicos refractarios)

Fuente: Sistemas de manejo de aguas residuales (Cites-Tchobanoglous 2000)

Elaborado por: Sebastian Vinueza

3.4 TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

La gran importancia del agua para los seres vivos, el aumento de la producción de residuos líquidos y la descarga de dichos residuos en cuerpos de agua, genera la necesidad de diseñar e implementar sistemas de tratamiento de aguas residuales que permitan eliminar contaminantes y microorganismos patógenos existentes en el agua, obteniendo de esta manera efluentes que cumplan con los parámetros físicos, químicos y biológicos de descarga o reutilización del agua, de acuerdo a la normativa ambiental vigente.

El tratamiento de aguas residuales es necesario para la prevención de la contaminación ambiental y del agua, al igual que para la protección de la salud pública. La meta del tratamiento de aguas residuales nunca ha sido producir un producto estéril, sin especies microbianas, sino reducir el nivel de

microorganismos dañinos a niveles más seguros de exposición, donde el agua es comúnmente reciclada para el riego o usos industriales. Reynolds (2002)

Reynolds (2002) plantea que el tratamiento de aguas residuales incluye:

- Tratamiento preliminar, busca eliminar el contenido de todo material sólido de gran tamaño que se encuentre en las aguas residuales, buscando un eficiente funcionamiento de los procesos de depuración.
- Tratamiento primario, separación de contaminantes por medio de procesos físicos como sedimentación y tamizado.
- Tratamiento secundario, comprende procesos físico-químicos (floculación) y biológicos de tipo aerobios y anaerobios, con el objetivo de reducir la mayor parte de la DBO.
- Tratamiento terciario o avanzado, procesos dirigidos a la reducción final de la DBO, remoción de metales pesados y contaminantes químicos específicos y la eliminación de contaminantes que no se eliminan con los tratamientos biológicos convencionales.

3.4.1 TRATAMIENTO BIOLÓGICO DE LAS AGUAS

Este tipo de tratamiento se basa en la generación de un flujo de agua residual controlado en el que la actividad biológica es aprovechada en la remoción de sustancias orgánicas biodegradables, coloidales o disueltas principalmente, mediante su transformación en biomasa extraíble mediante sedimentación y en gases que escapan a la atmósfera, en el proceso de depuración la actividad microbiológica y las plantas emergentes actúan de manera asociada.

Básicamente se pueden identificar dos tipos de sistemas de tratamiento biológico:

- **Lagunajes**, Son sistemas de tratamiento que requieren grandes extensiones de terreno disponible para su implementación, el tratamiento de aguas residuales se basa en la interacción de la luz solar, el viento y algas, con o sin ayuda de equipos de aireación,
- **Humedales**, son zonas construidas por el hombre en las que se reproducen, de manera controlada, los procesos físicos, químicos y biológicos de eliminación de contaminantes que ocurren normalmente en los humedales naturales.

3.5 HUMEDALES

Los humedales artificiales son áreas que se encuentran saturadas por aguas superficiales o subterráneas. Suelen tener profundidades inferiores a 60 cm, con plantas emergentes (Lara, 1999).

Estos sistemas purifican el agua mediante remoción del material orgánico (DBO), oxidando el amonio, reduciendo los nitratos y removiendo fósforo. Los mecanismos son complejos e involucran oxidación bacteriana, filtración, sedimentación y precipitación química (Cooper, 1996).

El tratamiento en humedales se consigue mediante procesos físicos, químicos y biológicos, principalmente por el metabolismo bacteriano y la sedimentación física, a lo largo del paso del agua residual a través de la zona del humedal (Barbecho y Bóquez, 2008)

Los humedales tienen tres funciones básicas que les confieren atractivo potencial para el tratamiento de aguas residuales:

- Fijan físicamente los contaminantes en la superficie del suelo y la materia orgánica,
- Utilizan y transforman los elementos por medio de los microorganismos y
- Logran niveles de tratamiento consistentes con un bajo consumo de energía y poco mantenimiento (Lara, 1999).

En función del caudal predominante los humedales se clasifican en:

- Sistemas de flujo superficial libre con vegetación emergente, consiste en un estanque o canales, tiene poca profundidad y baja velocidad.
- Sistemas de flujo subsuperficial con vegetación emergente, consiste en una red de trincheras o lechos de drenaje, requieren bajas velocidades (Corbitt, 2003)

3.5.1 HUMEDAL SUPERFICIAL DE FLUJO LIBRE (SFS)

Aquellos sistemas en los cuales el agua está expuesta a la atmósfera son definidos como humedales artificiales de flujo libre. Los humedales artificiales SFS consisten normalmente de una o más cuencas

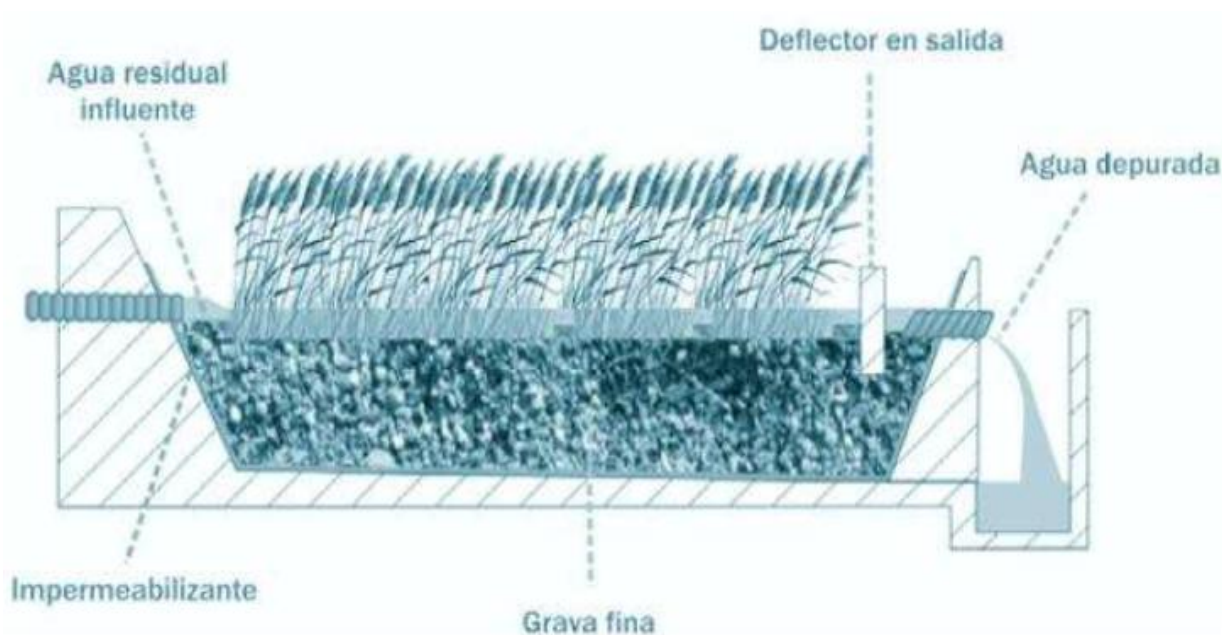
o canales de poca profundidad que tienen un recubrimiento de fondo para prevenir la percolación al agua freática susceptible a contaminación, y una capa sumergida de suelo para las raíces de la vegetación macrófita emergente seleccionada.

Cada sistema tiene estructuras adecuadas de entrada y descarga para asegurar una distribución uniforme del agua residual aplicada y su recolección. (EPA, 2000).

En estos sistemas el agua circula preferentemente a través de los tallos de las plantas. Son una modificación a los sistemas de lagunas convencionales se diferencia principalmente por tener una menor profundidad de no más de 0,6m.

Este tipo de sistemas depuradores simulan un humedal de formación natural, pueden albergar distintas especies de peces, aves, etc. Pueden ser lugares turísticos y sitios de estudio para diferentes disciplinas debida a las complejas interacciones biológicas que se generan.

Figura 5. Corte longitudinal de un humedal de flujo superficial



Fuente: CENTA, 2010

Cuadro 14. Ventajas y desventajas de un humedal SFS

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Proporcionan tratamiento efectivo en forma pasiva y minimizan la necesidad de equipos mecánicos, electricidad y monitoreo por parte de operadores adiestrados.	Las necesidades de terreno de los humedales SFS pueden ser grandes, especialmente si se requiere la remoción de nitrógeno o fósforo.
Pueden ser menos costosos de construir, operar y mantener, que los procesos mecánicos de tratamiento.	La remoción de DBO, DQO y nitrógeno en los humedales son procesos biológicos y son esencialmente continuos y renovables. El fósforo, los metales y algunos compuestos orgánicos persistentes que son removidos permanecen en el sistema ligados al sedimento y por ello se acumulación el tiempo.
Los sistemas de humedales proporcionan una adición valiosa al "espacio verde" de la comunidad, e incluye la incorporación de hábitat de vida silvestre y oportunidades para recreación pública.	La mayoría del agua contenida esencialmente anóxica, limitando el potencial de nitrificación rápida del amoníaco. El aumento del tamaño del humedal y, consecuentemente, el tiempo de retención puede hacerse en forma compensatoria, pero puede no ser eficiente en términos económicos. Métodos alternos de nitrificación en combinación han sido utilizados con éxito.
No producen biosólidos ni lodos residuales que requerirían tratamiento subsiguiente y disposición.	Los mosquitos y otros insectos vectores de enfermedades pueden ser un problema.
La remoción de DBO, SST, DQO, metales y compuestos orgánicos refractarios de las aguas residuales domésticas puede ser muy efectiva con un tiempo razonable de retención. La remoción de nitrógeno y fósforo a bajos niveles puede ser también efectiva con un tiempo de retención significativamente mayor	

Fuente: EPA, 2000

Elaborado por: Sebastian Vinueza

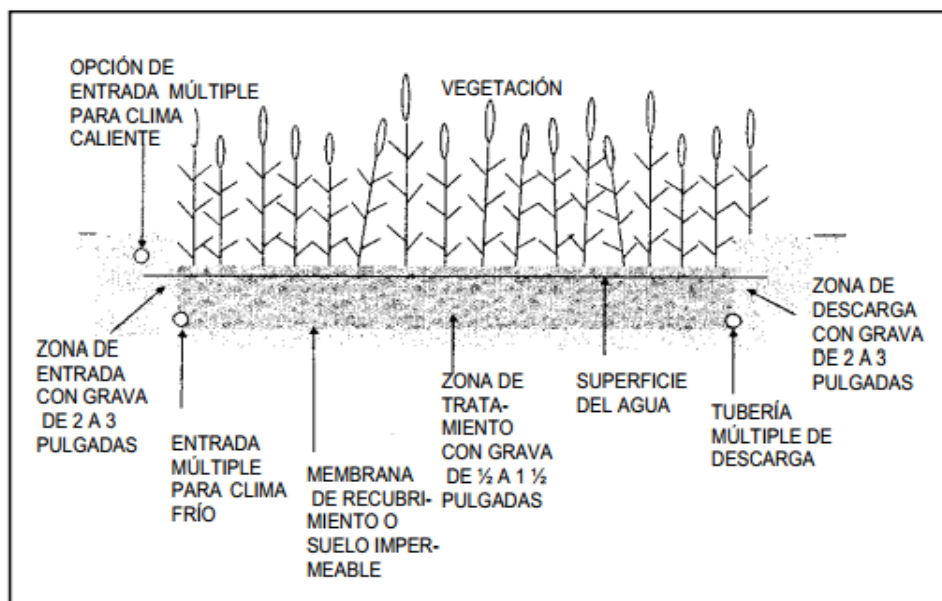
3.5.2 HUMEDALES ARTIFICIALES DE FLUJO SUBSUPERFICIAL SFSS

Un humedal artificial de flujo subsuperficial está diseñado específicamente para el tratamiento de algún tipo de agua residual, o su fase final de tratamiento, y está construido típicamente en forma de un lecho o canal que contiene un medio apropiado. (EPA, 2000)

En estos sistemas la circulación del agua se realiza a través de un medio granular (subterráneo), con una profundidad de agua cercana a los 0,6 m. La vegetación es plantada en el medio granular y el agua está en contacto con los rizomas y raíces de las plantas.

Las estructuras de entrada y descarga se emplean para asegurar la distribución adecuada y la recolección uniforme del agua residual aplicada. El método más comúnmente utilizado en los sistemas de menor tamaño consiste de una tubería múltiple perforada. (EPA, 2000).

Figura 6. Corte longitudinal de un humedal SFSS



Fuente: EPA, 2000

Elaborado por: Sebastian Vinueza

Cuadro 15. Ventajas y desventajas de un humedal SFSS

VENTAJAS	DESVENTAJAS
Proporcionan tratamiento efectivo en forma pasiva y minimizan la necesidad de equipos mecánicos, electricidad y monitoreo por parte de operadores calificados	Requiere un área extensa en comparación con los sistemas mecánicos convencionales de tratamiento.
Pueden ser menos costosos de construir, y usualmente también son menos costosos para operar y mantener, que los procesos mecánicos de tratamiento diseñados para un nivel equivalente de calidad de efluente.	La remoción de DBO, DQO y nitrógeno es un proceso continuo renovable. El fósforo, los metales y algunos compuestos orgánicos persistentes que son removidos permanecen en el sistema ligados a sedimento y por ello se acumulan con el tiempo
No producen biosólidos ni lodos residuales que requerirían tratamiento subsiguiente y disposición.	La mayoría del agua contenida en los humedales es anóxica, limitando el potencial de nitrificación del amoníaco del agua residual.
Son muy efectivos en la remoción de la DBO, la DQO, los SST, los metales y algunos compuestos orgánicos refractarios de las aguas residuales domésticas. La remoción de nitrógeno y fósforo a bajos niveles es también posible pero se requiere un tiempo de retención mucho mayor.	No pueden ser diseñados para lograr una remoción completa de compuestos orgánicos, SST, nitrógeno o bacterias coliformes. Los ciclos ecológicos en estos humedales producen concentraciones naturales de esos compuestos en el efluente
Los mosquitos y otros insectos vectores similares no son un problema con los humedales SFS mientras el sistema se opere adecuadamente y el nivel subsuperficial de flujo se mantenga.	

Fuente: EPA, 2000

Elaborado por: Sebastian Vinueza

3.5.3 ELEMENTOS DE UN HUMEDAL ARTIFICIAL

Los humedales artificiales están constituidos básicamente por cuatro elementos: agua residual, sustrato, vegetación y microorganismos.

3.5.3.1 Agua

La hidrología es el factor de diseño más importante en un humedal construido porque reúne todas las funciones del humedal y porque es a menudo el factor primario decisivo en su éxito o fracaso, por los siguientes motivos. (Lara, 1999)

- Pequeños cambios en la hidrología pueden tener efectos importantes en un humedal y en la efectividad del tratamiento.
- Debido al área superficial del agua y su poca profundidad, un sistema actúa recíproca y fuertemente con la atmósfera a través de la lluvia y la evapotranspiración (la pérdida combinada de agua por evaporación del suelo y transpiración de las plantas).
- La densidad de la vegetación en un humedal afecta fuertemente su hidrología, obstruyendo caminos de flujo siendo sinuoso el movimiento del agua a través de la red de raíces y rizomas y bloqueando la exposición al viento y al sol.

3.5.3.2 Sustrato (medio granular)

En este tipo de tratamientos, el sustrato está formado por el suelo: arena, grava, roca, sedimentos y restos de vegetación que se acumulan en el humedal debido al crecimiento biológico.

Es fundamental que el medio tenga una permeabilidad suficiente para permitir el paso del agua a través de él. Esto obliga a utilizar suelos de tipo granular, principalmente grava seleccionada con un diámetro de 5 mm aproximadamente y con poco material fino. El sustrato, sedimentos y los restos de vegetación en los humedales artificiales son importantes por varias razones:

- Soportan a muchos de los organismos vivos en el humedal.
- La permeabilidad del sustrato afecta el movimiento del agua a través del humedal.
- Muchas transformaciones químicas y biológicas (sobre todo microbianas) tienen lugar dentro del sustrato.
- Proporciona almacenamiento para muchos contaminantes.
- La acumulación de restos de vegetación aumenta la cantidad de materia orgánica en el humedal. La materia orgánica da lugar al intercambio de materia, fijación de microorganismos

y es una fuente de carbono que es a la vez, la fuente de energía para algunas de las más importantes reacciones biológicas en el humedal (Lara, 1999).

3.5.3.3 Vegetación

La vegetación tiene la habilidad de transferir oxígeno desde la atmósfera a través de hojas y tallos hasta el medio donde se encuentran las raíces. Este oxígeno crea regiones aerobias donde los microorganismos utilizan el oxígeno disponible para producir diversas reacciones de degradación de materia orgánica y nitrificación (Arias, 2004).

La vegetación emergente más comúnmente utilizada en humedales SFS incluye las espadañas y aneas (*Typha* spp.), los juncos (*Scirpus* spp.) y los carrizos (*Phragmites* spp.). (EPA, 2000).

Las plantas emergentes contribuyen al tratamiento del agua residual y escurrentía de varias maneras (Rodríguez, 2008).

- Estabilizan el sustrato y limitan la canalización del flujo.
- Dan lugar a velocidades de agua bajas y permiten que los materiales suspendidos se depositen.
- Toman el carbono, nutrientes y elementos traza y los incorporan a los tejidos de la planta.
- Transfieren gases entre la atmósfera y los sedimentos.
- El escape de oxígeno desde las estructuras subsuperficiales de las plantas, oxigena otros espacios dentro del sustrato.
- El tallo y los sistemas de la raíz dan lugar a sitios para la fijación de microorganismos.

3.5.3.4 Microorganismos

Los microorganismos se encargan de realizar el tratamiento biológico. En la zona superior del humedal, donde predomina el oxígeno liberado por las raíces de las plantas y el oxígeno proveniente de la atmósfera, se desarrollan colonias de microorganismos aerobios. En el resto del lecho granular predominarán los microorganismos anaerobios. Los principales procesos que llevan a cabo los microorganismos son la degradación de la materia orgánica, la eliminación de nutrientes y elementos traza y la desinfección (Arias, 2004).

Los principales microorganismos presentes en la biopelícula de los humedales son: bacterias, levaduras, hongos y protozoarios. La biomasa microbiana consume gran parte del carbono y muchos nutrientes. La actividad microbiana tiene la función de transformar un gran número de sustancias orgánicas e inorgánicas en sustancias inocuas e insolubles y alterar las condiciones de potencial de reducción y oxidación del sustrato afectando así a la capacidad de proceso del humedal. Asimismo, gracias a la actividad biológica, muchas de las sustancias contaminantes se convierten en gases que son liberados a la atmósfera (Lara, 1999).

3.5.4 MECANISMOS DE REMOCIÓN DE CONTAMINANTES

En este tipo de sistemas de depuración se desarrollan varios mecanismos de remoción de contaminantes del agua residual junto con un amplio rango de procesos biológicos, químicos y físicos, lo que convierte la influencia e interacción de cada componente como muy compleja.

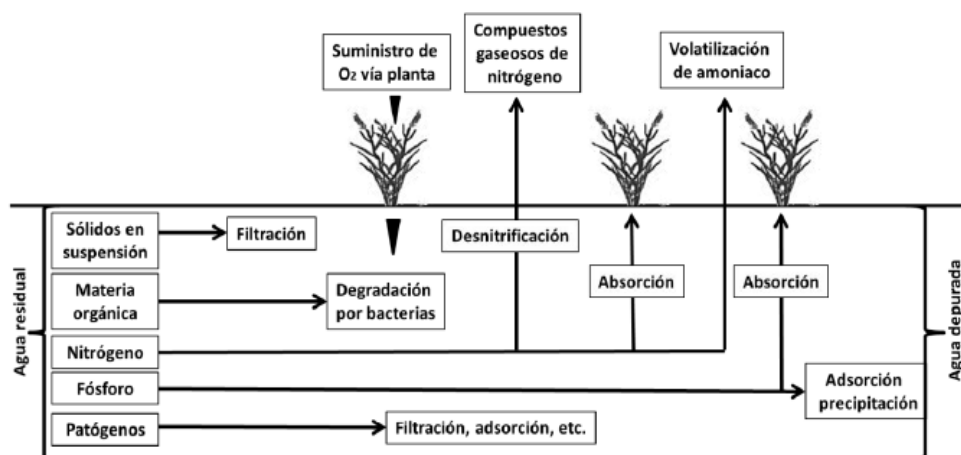
Cuadro 16. Mecanismos de remoción en humedales artificiales

Parámetro evaluado	Mecanismos de remoción
Sólidos Suspendidos	<ul style="list-style-type: none"> • Sedimentación/filtración
DBO	<ul style="list-style-type: none"> • Degradación microbiana (aeróbica y anaeróbica) • Sedimentación (Acumulación de materia orgánica/lodo en la superficie del sedimento)
Nitrógeno Amoniacal	<ul style="list-style-type: none"> • Amonificación seguida por nitrificación y desnitrificación amoniacal • Captado por la planta
Patógenos	<ul style="list-style-type: none"> • Sedimentación/filtración • Declinación • Radiación ultravioleta • Excreción de antibióticos por las raíces de las macrofitas

Fuente: Rodríguez, 2008

Elaborado por: Sebastian Vinueza

Figura 7. Procesos De Depuración De Los Humedales Artificiales



Fuente: Lara, 1999

3.5.4.1 Remoción de DBO

La remoción de materia orgánica tiene lugar principalmente mediante biodegradación aeróbica o anaeróbica. Una pequeña porción también es removida por procesos físicos como la sedimentación y filtración, cuando la materia orgánica es fijada a los sólidos suspendidos.

La biodegradación es realizada por los microorganismos, los cuales están adheridos a la planta, en particular a las raíces y a la superficie de los sedimentos (Delgadillo, 2010).

Todos los microorganismos involucrados en este proceso de tratamiento requieren una fuente de energía y carbono para la síntesis de nuevas células, como también otros nutrientes y elementos traza. De acuerdo a su fuente de nutrientes, están clasificados como heterótrofos o autótrofos. Los heterótrofos requieren material orgánico como fuente de carbono para la síntesis de nuevos microorganismos, en cambio, los autótrofos no utilizan materia orgánica sino dióxido de carbono como fuente de carbono (Delgadillo, 2010).

En la degradación aeróbica, dos grupos de microorganismos participan en este proceso de degradación: aeróbicos quimioheterótrofos, oxidando compuestos orgánicos y liberando amonio; y aeróbicos quimioautótrofos, los cuales oxidan el nitrógeno amoniacal a nitrito y nitrato. El último proceso es llamado nitrificación. Sin embargo, debido a la tasa de metabolismo más alta, los heterótrofos son principalmente responsables para la remoción del material orgánico; por lo tanto, la presencia de oxígeno disuelto es un factor limitante.

3.5.4.2 Remoción de sólidos suspendidos

Aunque la mayor parte de los sólidos suspendidos y sedimentables son removidos en tratamientos previos, los humedales filtran y sedimentan los remanentes, complementando esta remoción. En efecto, las raíces de las mácrófitas y el sustrato reducen la velocidad del agua, favoreciendo ambos procesos. El tratamiento previo es muy importante para evitar obstrucciones y la rápida colmatación del humedal. (Kolb, 1998).

Así, la mayoría de remoción ocurre en los primeros metros de tratamiento, entre el 12 y 20% de área inicial, mediante sedimentación, floculación y filtración de los mismos EPA (1993)

3.5.4.3 Remoción de bacterias

Los organismos importantes, desde el punto de vista de la salud pública son las bacterias patógenas y los virus. Todos los patógenos son capaces de sobrevivir al menos un corto tiempo en agua natural, y más aún, en agua con temperaturas más frías y con presencia de polución orgánica (como en las aguas residuales).

La remoción de estos microorganismos está basada en una combinación de factores físicos, químicos y biológicos. Los factores físicos incluyen la filtración, sedimentación, agregación y acción de la radiación ultravioleta. Los mecanismos biológicos incluyen, acción depredadora de bacteriófagos y protozoos.

Finalmente, los factores químicos son la oxidación, adsorción y la exposición a toxinas que sobre los organismos patógenos ejercen los antibióticos producidos por las raíces de las plantas.

La remoción de coliformes fecales en los humedales artificiales se lo consigue en su mayor parte en los primeros tramos de humedal, de tal manera que a la mitad ya se ha eliminado el 80% de estos microorganismos (CENTA, 2010).

Cuadro 17. Comparación entre sistemas de flujo humedal

	Flujo superficial	Flujo subsuperficial
Tratamiento	Tratamiento de flujos secundarios (aguas ya tratadas por otros medios, ej. Lagunas, biodiscos, fangos activados, etc.)	Para tratar flujos primarios (aguas pretratadas, ej. Tanques IMHOFF, pozos sépticos)
Operación	Opera con baja carga orgánica	Altas tasas de carga orgánica
Olor	Puede ser controlado	No existe
Insectos	Control es caro	No existe
Protección térmica	Mala, las bajas temperaturas afectan al proceso de remoción	Buena, por acumulación de restos vegetales y el flujo subterráneo el agua mantiene una temperatura casi constante
Área	Requieren superficies de mayor tamaño	Requieren superficies de menor tamaño
Costo	Menor costo en relación al subsuperficial	Mayor costo debido al material granula puede llegar incrementar el precio hasta en un 30%
Valor ecosistema	Mayor valor como ecosistemas para la vida salvaje, el agua es accesible a la fauna.	Menor valor como ecosistema para la vida, el agua es difícilmente accesible a la fauna.
Usos generales	Son de restauración y creación de nuevos ecosistemas	Tratamiento de aguas residuales, principalmente para casa aisladas y núcleos menores de 200 habitantes
Operación	Son tratamientos adicionales a los sistemas convencionales	Puede usarse como tratamiento secundario

Fuente: Brix, 1993; citado por Kolb, 1998

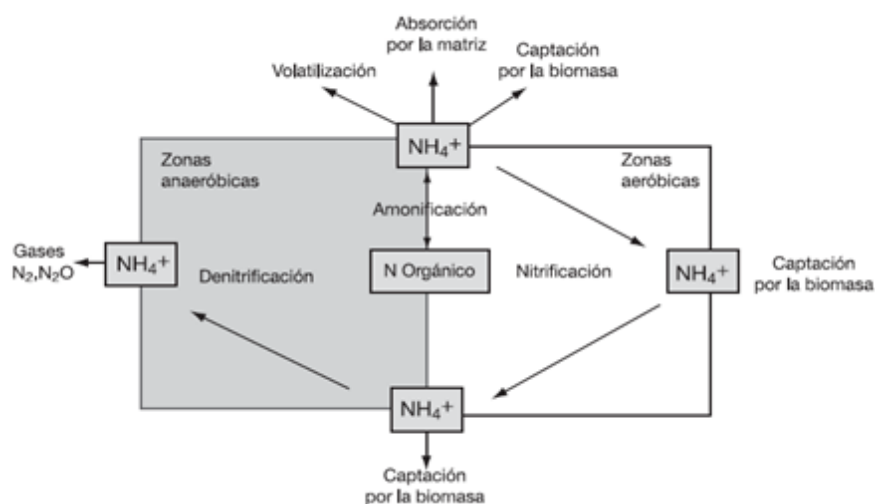
Elaborado por: Sebastian Vinueza

3.5.4.4 Remoción de nitrógeno

La mayor parte del nitrógeno al momento del ingreso del agua residual en el humedal se encuentra presente como amonio o en forma de un compuesto inestable, fácilmente transformable a amonio.

La nitrificación y la denitrificación, son los principales mecanismos de remoción de nitrógeno. Todo el proceso puede ser dividido en pasos, iniciando con la amonificación, seguido por la nitrificación y denitrificación.

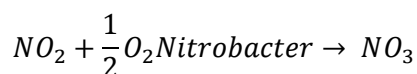
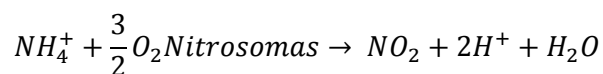
Figura 8. Diagrama del metabolismo del nitrógeno



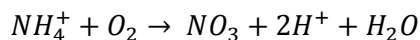
.Fuente: (Cooper et al., 1996).

El nitrógeno amoniacal es oxidado a nitritos por bacterias nitrificantes en las zonas anaerobias (Hammer, 1989).

Esta oxidación se desarrolla en dos etapas, en la primera las bacterias *nitrosomas* oxidan el nitrógeno amoniacal a nitritos, posteriormente las bacterias *nitrobacter* oxidan los nitritos a nitratos de acuerdo a lo siguiente:



Resumiendo las dos ecuaciones anteriores se obtiene:



Toda la reacción necesita un alto ingreso de oxígeno: alrededor de 4.5 kg por cada kg de amonio-nitrógeno (NH_4^+-N) oxidado. Las bacterias son sensibles a un amplio rango de inhibidores; así, altas concentraciones de nitrógeno amoniacal son inhibidores. Es fundamental que existan concentraciones de oxígeno disuelto por encima de 1mg/L, si este niveles inferior el oxígeno se convierte en un limitante del proceso, produciendo que la nitrificación se realice más lentamente o que no se lleve a cabo (CENTA, 2010).

La denitrificación es el paso final en la remoción de nitrógeno. Ocurre bajo condiciones anaeróbicas. Un amplio rango de bacterias anaeróbicas facultativas realizan el proceso, siendo las más comunes *Pseudomonas* sp., *Achromobacter* sp. y *Aerobacter* sp. Esta reacción se desarrolla en dos etapas. En la primera se origina la reducción del nitrato en nitrito y seguidamente se reduce a formas gaseosas que se liberan del sistema hacia la atmosfera (óxido nítrico, óxido nitroso, nitrógeno gaseoso) (CENTA, 2010).



La denitrificación es también fuertemente dependiente de la temperatura y es necesario suficiente carbono como fuente de energía para que la bacteria realice la conversión.

3.5.5 CONSIDERACIONES PARA EL DISEÑO DE UN HUMEDAL ARTIFICIAL

Un sistema de tratamiento mediante el uso de humedales artificiales está constituido por un tratamiento preliminar y por el humedal. El agua, el sustrato, la vegetación y los organismos son los componentes fundamentales del humedal, componentes que para optimizar la efectividad del tratamiento deberán estar dimensionados adecuadamente.

3.5.5.1 Esquemas de flujo

El diseño de un humedal artificial puede utilizar uno o más de los siguientes patrones de flujo:

En el flujo pistón el agua atraviesa el humedal una sola vez, en esta ocurre la reducción de los contaminantes a través de los medios físicos y biológicos que se desarrollan en el esquema de funcionamiento de un humedal.

La alimentación por etapas puede generar beneficios en el rendimiento del humedal en la remoción de contaminantes, debido al uso de la mayoría del sistema se optimiza la remoción de sólidos y la remoción de nitrógeno debido a que se provee de carbono a las capas más bajas del sustrato, generalmente este tipo de flujo es usado combinando la recirculación.

La recirculación del efluente tratado proporciona un rango mayor de reducción en la DBO_5 al igual que los sólidos suspendidos, adicionalmente contribuye con la reducción la posible formación de olores, aumenta la concentración de oxígeno disuelto y el tiempo de retención del agua tratada, lo que permite incrementar la reducción de nitrógeno (Hammer, 1989).

3.5.5.2 Relación largo-ancho (L/W)

Diseñar una relación óptima L/W pretende minimizar los cortocircuitos en el flujo del efluente a través del humedal, buscando maximizar el contacto del agua residual en toda el área de flujo.

Teóricamente en humedales SFS grandes relaciones entre largo-ancho 8:1, 10:1 o mayores asegurarían un adecuado flujo pistón contribuyendo al régimen hidráulico del humedal. Para los SFSS debida a que el flujo pistón debe ocurrir en el sustrato grandes relaciones L/W no son recomendados, relaciones 1:1, 2:1, 3:1 son generalmente aceptables, siempre y cuando exista una buena configuración del sustrato usado y que no se exceda la capacidad hidráulica.

3.5.5.3 Humedales artificiales SFS o SFSS

Para la elección del tipo de humedal artificial como sistema de tratamiento de aguas residuales se debe tener en cuenta parámetros como el tamaño, forma, costos de terreno disponible, excavación y dragado, costos del sustrato, clima y los requerimientos de remoción de contaminantes. Siendo así para los SFS se requiere una mayor área de implantación y una relación L/A más grande que para un SFSS, esto se debe a los requerimientos de carga hidráulica. Exceptuando que se usen tramos de terreno sinuosos los SFS requieren amplias extensiones de terreno, en contraste los SFSS utilizan reducidas áreas.

Un factor decisivo en la elección del tipo de humedal son las características físico-químicas del afluente, en un SFSS la remoción de DBO_5 y sólidos suspendidos es más efectiva.

3.5.5.4 Pendiente

En los SFS la pendiente es necesaria para drenar el humedal, para propósitos de mantenimiento de la celda del humedal un valor de 0,5% o menos es lo recomendable para estos sistemas.

En el caso de los SFSS la pendiente es un factor determinante para el flujo hidráulico, dependiendo de la conductividad hidráulica del tipo de sustrato generalmente se recomienda una pendiente del 2% o menos.

3.5.5.5 Sustrato

En los sistemas de humedales el sustrato está asociado con los procesos físicos y de remoción de contaminantes, adicionalmente es el que provee la superficie de crecimiento para los microorganismos.

El contacto del agua residual con los microorganismos, la disponibilidad de oxígeno y el tiempo de retención están directamente ligados con el sustrato en estos sistemas de tratamiento, los sustratos en los humedales construidos incluyen suelo, arena, grava y roca.

Para los sistemas SFSS sustratos que pueden ser usados son grava y/o arena, y suelo; la constitución de los lechos de grava no deben ser homogéneos y con una conductividad variada a lo largo del humedal.

La mayor parte de los sólidos suspendidos son retenidos en la zona de entrada, lo que ayuda a conseguir una menor acumulación de sólidos y una permeabilidad más estable aguas abajo. Debido a la acumulación de sedimentos en la entrada la grava debe tener de 5 a 10 cm de diámetro para conseguir distribuir el flujo y prevenir los atascamientos, grava demasiado grande disminuye el tiempo de retención y la superficie para que los microorganismos se adhieran, y puede impedir el crecimiento de la vegetación, en contraste grava demasiado pequeña puede limitar la conductividad hidráulica.

- **Profundidad del sustrato**

Una profundidad de 0,6m es común en este tipo de sistemas, pero la vegetación debe ser compatible con la profundidad, debido a que si las raíces de la vegetación del humedal no penetran completamente el lecho se formara una zona completamente anaerobia en la parte baja de las raíces, lo que disminuiría la nitrificación y la oxigenación del efluente.

- **Tipo de vegetación**

En humedales artificiales las especies vegetales comúnmente utilizadas como parte del tratamiento suelen incluir: *Scirpus validus* (junco), *Phragmites australis* (carrizo) y *Typha latifolia* (totora); la *Scirpus validus* proporciona mayor reducción de nitrógeno amoniacal que las otras dos especies a una profundidad de 0,76m del lecho, de tal manera que para las *Phragmites australis* (carrizo) y *Typha latifolia* (totora) las profundidades deben ser 0,6 y 0,3 m respectivamente.

3.5.6 MODELO GENERAL DE DISEÑO

Estos sistemas de tratamiento son considerados como reactores biológicos, mediante una cinética de primer orden de flujo a pistón se puede estimar el rendimiento para la remoción de DBO, nitrógeno y solidos suspendidos. (Lara, 1999).

La ecuación básica es:

$$\frac{C_e}{C_o} = e^{-K_t t} \quad (1)$$

$$K_t = K_{20}(1,06)^{T-20} \quad (2)$$

$$K_{20} = 1,104 \, d^{-1} \quad (3)$$

Donde:

C_e , concentración del efluente tratado, mg/L

C_o , concentración del afluente, mg/L

K_t , constante de reacción de primer orden, depende de la temperatura, d^{-1}

t , concentración del efluente tratado, $día$

En un humedal artificial el tiempo de retención hidráulica puede ser calculado con la siguiente expresión:

$$t = \frac{nhA_s}{Q} \quad (4)$$

Dónde:

n , porosidad, %

h , profundidad del humedal, m

A_s , área superficial de humedal, m^2

Q , Caudal medio a través del humedal, $m^3/día$

Un diseño conservador debe asumir que no existen pérdidas por filtración y adoptar una estimación adecuada de las pérdidas de evapotranspiración y ganancias por lluvia de los registros históricos del sitio de estudio.

Es usualmente razonable suponer que los caudales de entrada y salida son iguales para poder determinar el área superficial combinando las dos ecuaciones anteriores.

$$A_s = \frac{Q \ln \frac{C_e}{C_o}}{nhK_t} \quad (5)$$

3.5.6.1 Diseño Hidráulico

El régimen de flujo en un medio poroso necesario para diseñar humedales tipo SFSS es descrita por la ley de Darcy. Teniendo en cuenta las limitaciones que se generan ya que se asume un flujo laminar, en gravas muy gruesas puede darse un flujo turbulento o si el diseño usa un gradiente hidráulico alto. Adicionalmente la ley de Darcy asume que el flujo es constante pero en la realidad se debe considerar las variaciones que se pueden generar por la precipitación, la evapotranspiración y la filtración, así como los posibles cortocircuitos que se pueden generar por la falta de homogeneidad en los poros del sistema o una mala construcción.

Teniendo en cuenta estas consideraciones la ley de Darcy puede dar una aproximación razonable a las condiciones hidráulicas de un humedal de flujo subsuperficial.

$$Q = k_s * A_c * s \quad \text{LEY DE DARCY (6)}$$

Donde:

Q , caudal promedio a través del humedal, $m^3/día$

K_s , conductividad hidráulica de una unidad de área del humedal perpendicular a la dirección de flujo, $m^3 / m^2/día$

A_c , Área de la sección transversal perpendicular al flujo, m^2

s , Gradiente hidráulico o pendiente de la superficie del sistema m/m

Realizando algunas sustituciones es posible desarrollar una ecuación que determine el ancho mínimo de una celda de humedal SFSS, que sea compatible con el gradiente hidráulico seleccionado para el diseño, partiendo de la ecuación:

$$s = \frac{mh}{L} \quad (7)$$

$$L = \frac{A_s}{W} \quad (8)$$

$$A_c = Wh \quad (9)$$

Donde:

W : Ancho de una celda de humedal, m

A_s , Área superficial del humedal, m^2

L , Longitud de la celda de humedal, m

m , pendiente del fondo del lecho (recomendada del 1%), *expresada como decimal*

h , Profundidad del agua en el humedal, m

$$W = \frac{1}{h} \left[\frac{QA_s}{mK_s} \right]^{0,5} \quad (10)$$

El valor de la pendiente m en los documentos publicados por la EPA, 2000. Se recomienda que la pendiente es del 1%, como factor de seguridad es recomendable considerar un valor efectivo de la conductividad hidráulica $1/3$ (k_v), lo que contribuirá a prevenir posibles atascamientos y otras contingencias que pueden llegar a ser desconocidas en el momento del diseño.

3.5.6.2 Porosidad

Para fines de diseño la porosidad del medio filtrante a ser considerada será tomada de valores tabulados preestablecidos en textos

Cuadro 18. Características típicas de los medios para humedales SFSS

Tipo de material	Tamaño efectivo D_{10} (mm)	Porosidad, n efectiva (%)	Conductividad hidráulica, K_s ($m^3/m^2/d$)
Arena media	2	0.3	914.1
Arena gruesa	8	0.32	4875.2
Arena con grava	16	0.35	9750.4
Grava media	32	0.4	48752
Grava gruesa	128	0.45	249854

Fuente: Crites y Tchobanoglous, 1998

Elaborado por: Sebastian Vinueza

3.5.7 CONSIDERACIONES DE CONSTRUCCIÓN DE UN HUMEDAL ARTIFICIAL

Es indispensable tener en cuenta factores como: la impermeabilización de la capa superficial del terreno, la selección del sustrato granular a usar, la colocación del medio granular, el esquema de ubicación de la vegetación y las estructuras de entrada y de salida; consideraciones que deben ser analizadas para el eficiente funcionamiento del sistema de humedales.

3.5.7.1 Estructura de entrada y de salida

La estructura de ingreso debe permitir una uniforme distribución del caudal de entrada en todo el ancho del humedal, buscando de este modo prevenir la posible acumulación de sedimentos en el material filtrante, la estructura de entrada será una tubería perforada que cada 10 cm que cubra todo el largo del humedal, para evitar olores y la proliferación de vectores este sistema debe ser subsuperficial, la tubería debe estar enterrada en grava triturada.

El diseño de salida del sistema es semejante al de entrada la estructura estará conformada en forma de T, por un tubo perforado cada 10 cm a que cubra todo el ancho del humedal y que contenga un sistema de control de flujo que permita mantener el nivel de agua en el lecho.

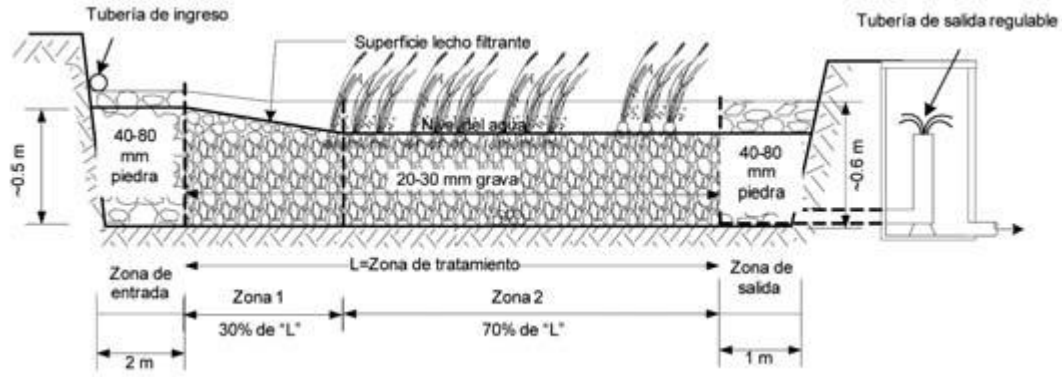
3.5.7.2 Sustrato Granular

El material a ser elegido como filtro se distribuye en cuatro zonas de la estructura del humedal artificial de flujo susbsuperficial

- Zona de ingreso, de acuerdo a la EPA, 2000 debe tener una longitud de 2,0 m, estará formado de material grueso de 40 – 80 mm (1 1/2” – 3”) a objeto de limitar el riesgo de colmatación y permitir una distribución uniforme de caudales, se extiende en toda la zona de ingreso al filtro con una pendiente de 2:1- 3:1 de colocación del material filtrante.
- Zona o área de tratamiento, de acuerdo a la EPA, 2000 su longitud constituye la obtenida por cálculo, el material a ser colocado será de entre 20 – 30 mm;
- Zona de salida, de acuerdo a la EPA, 2000 debe tener 1 m de longitud, disponiendo material grueso de 40 – 80 mm (1 1/2” – 3”) a objeto de limitar el riesgo de colmatación y permitir una

distribución uniforme, se extiende en toda la profundidad del filtro con una pendiente de 2:1 – 3:1.

Figura 9. Detalle de un humedal de flujo subsuperficial



Fuente: EPA, 2000

3.5.7.3 Vegetación

De acuerdo a Lara, 1999 la vegetación que cumple con las condiciones requeridas para un humedal artificial para el tratamiento son las siguientes:

- *Thypha o Espadañas*, plantadas en intervalos aproximados 0,6 m pueden producir una cubierta densa en menos de un año, tienen una baja penetración en grava alrededor de 0,3 m, por lo que no es recomendable usarlos en sistemas de flujo subsuperficial.
- *Scirpus o Juncos*, la mayoría de las especies tienen un crecimiento moderado y pueden lograr un buen cubrimiento en alrededor de un año con espaciamientos de 0,3 a 0,6 m aproximadamente, penetra en grava alrededor de 0,6 m.
- *Phragmites o Carrizo*, logran un buen recubrimiento en un año con una separación de alrededor de 0,6 m penetran en grava 0,4 m aproximadamente.

CAPÍTULO IV

4 DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

Teniendo en cuenta las necesidades del campamento y área de mantenimiento de la empresa Triboilgas-Coca los parámetros que limitan el diseño y dimensionamiento de un sistema de humedales artificiales para el tratamiento de aguas residuales, de acuerdo al área disponible, a las características del efluente a tratar, pero principalmente la necesidad de no generar vectores ni mosquitos, un humedal artificial de flujo subsuperficial será el adecuado para entregar un afluente que supere los límites permisibles de descarga vigentes en el país.

4.1 CARACTERIZACIÓN DEL EFLUENTE A TRATAR.

Se realizó la caracterización de las aguas residuales del campamento y área de mantenimiento de la empresa Triboilgas-Coca, mediante análisis de laboratorio, los resultados se muestran en la siguiente tabla:

Cuadro 19. Parámetros que incumplen la normativa

Parámetro	Unidad	Valor	Límite permisible
Aceites y Grasas	Mg/L	38	0,3
Coliformes Fecales	UFC/100mL	14,2 *10 ³	Remoción >99.,9%
DBO ₅	mg/L	269	100
DQO	mg/L	484	250
Sólidos Sedimentables	ml/L	1	7
Sólidos Suspendidos	mg/L	188	100

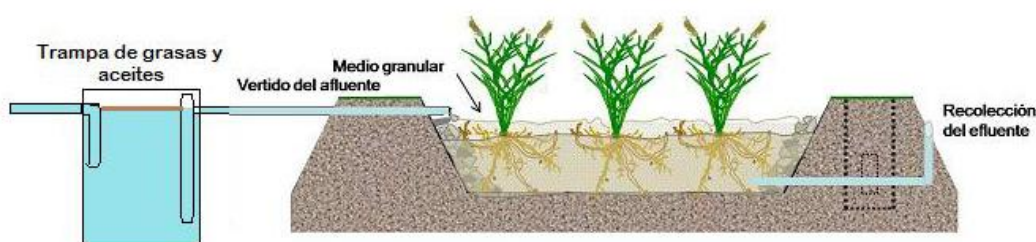
Fuente: Análisis de laboratorio, Anexo B

Elaborado por: Sebastian Vinuesa

4.2 PROPUESTA DE DISEÑO

El diseño del humedal SFSS que a continuación se presenta será dimensionado con el objetivo de entregar un efluente que supere los límites permisibles de descarga en un cuerpo de agua dulce que exige la normativa vigente en el país, planteando la posibilidad de reúso del afluente tratado como agua para riego de áreas verdes o para el lavado de vehículos. El presente diseño incluye un sistema de trampa de grasa que funcionara conjuntamente con el sistema de humedal artificial de flujo subsuperficial.

Figura 10. Esquema de la propuesta de diseño



Elaborado por: Sebastian Vinueza

4.2.1 CÁLCULO DEL CAUDAL DE DISEÑO

En el dimensionamiento del sistema de tratamiento se considera los aportes del caudal de aguas máximo horario de residuales domésticas, debido al tipo de suelo del área de estudio y a que el sistema de tratamiento se encontrará impermeabilizado el caudal de infiltración no será tomado en cuenta.

4.2.1.1 Caudal máximo horario de aguas residuales

De acuerdo a la OMS la dotación de agua potable en climas cálidos es de 210 Lts/hb/día, en función de este valor se procede al cálculo se calcula el caudal máximo horario de aguas servidas domésticas a partir de la ecuación:

$$Q_{MH} = (C * P * R) * F$$

Dónde:

Q_{MH} : Caudal máximo horario, $m^3/día$

C: Dotación de agua potable $L/hab*día$.

P: Población, hab

R: Coeficiente de retorno, 70%

F: Factor de mayoración, 1,4

Ubicando los datos en la ecuación tendríamos lo siguiente:

$$Q_{MH} = \left(210 \frac{L}{hab * día} * 150 hab * 0,7 \right) * 1,4$$

$$Q_{MH} = 30870 \frac{L}{día} * \frac{m^3}{1000 L}$$

$$Q_{MH} = 30,87 \frac{m^3}{día}$$

Para fines de diseño el caudal máximo horario será tomado como 31 m³/día

Adicionalmente se considera en el diseño del sistema el caudal máximo de pluviosidad de la zona de implantación que se calcula a continuación:

$$Q_P = C * I * A$$

Dónde:

Q: Caudal pluvial, *lts/s*

C: Coeficiente de escurrimiento, se tomará:

0.50 Para zonas con viviendas unifamiliares 100<D>150

A: Área de drenaje, *Ha*.

I: Intensidad de la lluvia, *mm/hora*

$$Q_P = C * I * A$$

$$Q_P = 0,5 * 0,54 \frac{mm}{h} * 234m^2$$

$$Q_P = 1,5 \frac{m^3}{día}$$

De acuerdo con las ecuaciones anteriores el sistema de humedal artificial considerara el caudal máximo diario y adicionalmente el caudal máximo pluvial para el área de implementación.

Por ende el caudal de diseño para el sistema de tratamiento será 32,5 m³/día.

4.2.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE TRAMPA DE GRASA

Con el objetivo de retener los aceites y grasas que contiene el caudal de aguas residuales generadas en el sitio de estudio, el presente diseño propone la colocación de un sistema de trampas de grasa como tratamiento preliminar buscando retener los aceites y grasas del afluente antes de ingresar al sistema de humedales artificiales .

La trampa de grasa se dimensiona de acuerdo al caudal de ingreso y al tiempo de retención, para caudales menores a 10 L/s se recomienda un tiempo de retención de 3 minutos

Cuadro 20. Datos para el diseño de la trampa de grasa

DATOS		
Caudal, Q	32,5 m ³ /día	0,37 L/s
Tiempo de retención, TR	3 min	

Elaborado por: Sebastian Vinueza

El dimensionamiento se lo realiza tomando valores de largo y ancho de acuerdo a tablas mostradas en textos académicos del CEPIS, para un caudal a tratar de entre 0-1 L/s las dimensiones son las siguientes:

Cuadro 21. Dimensionamiento de la trampa de grasa de acuerdo al caudal

Rango de Caudales (L/s)	Volumen de Trampa de Grasa (m ³)	Profundidad (h)	Ancho (a)	Largo (L)
0-1	1,8	1,0	1,00	1,80
0-1	1,8	1,5	0,67	1,20

Elaborado por: Sebastian Vinueza

Cuadro 22. Características de la trampa de grasa y aceites

Altura, H	Efectiva	1 m
	Total	1,55 m
Longitud, L	Efectiva	1,80 m
	Total	2 m
Ancho, W	Efectiva	1 m
	Total	1,20 m
Distancia de prolongación accesorio de entrada	Efectiva	0,15 m
	Total	0,30
Diámetro de tuberías	Entrada	100 mm
	Salida	100 mm
Grosor paredes de trampa de grasa		0,1
Diferencia nivel entrada nivel salida		0,06
Luz de ventilación dispositivo de salida		0,06 m
Distancia nivel del líquido y parte inferior de la tapa		0,3 m
Distancia fondo y dispositivo de salida		0,15 m
Dimensiones de la tapa L*a		1x0,8
Volumen máximo de acumulación		0,06 m ³

Elaborado por: Sebastian Vinueza

El detalle del diseño se encuentra descrito en el plano de detalle Anexo D

4.2.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE HUMEDAL ARTIFICIAL SFSS

A partir de las ecuaciones presentadas en el capítulo anterior se realiza el diseño del humedal artificial SFSS, en la tabla que se presenta a continuación se resumen los datos que se requieren para aplicar las ecuaciones de diseño:

Cuadro 23. Datos para el diseño del humedal

Parámetro	Valor	Referencia
C_e (DBO ₅), mg/L	269	Determinación en laboratorio
C_o (DBO ₅), mg/L	30	Hipótesis
Caudal (Q), m ³ /día	31	Determinación teórica
Porosidad (n), m	0,35	Crites y Tchobanoglous, 1998
Profundidad (h), m	0,6	EPA 832-F-00-023
T° , (°C)	26,8	Temperatura media anual
K_s (m ³ / m ² /día)	9750,4	Crites y Tchobanoglous, 1998
Pendiente (%)	1	EPA 832-F-00-023

Elaborado por: Sebastian Vinueza

4.2.4 DIMENSIONAMIENTO DEL HUMEDAL ARTIFICIAL

La constante de temperatura será el primer valor a calcular, el valor de la constante es necesario para el cálculo del área superficial, mediante el uso de la ecuación 2 se obtiene el valor K_t ,

$$K_t = K_{20}(1,06)^{T-20}$$

Remplazando los valores en la ecuación anterior tenemos:

$$K_t = 1,104d^{-1}(1,06)^{26,8-20}$$

$$K_t = 1,104d^{-1}(1,49)$$

$$K_t = 1,64d^{-1}$$

Encontrado el valor de K_t , procedemos al cálculo del valor del área superficial mediante la ecuación 5,

$$A_s = \frac{Q \ln \frac{C_e}{C_o}}{nhK_t}$$

Remplazando los valores en la ecuación anterior tenemos:

$$A_s = \frac{(32,5 \text{ m}^3/\text{día}) \left[\ln \left(\frac{269}{30} \right) \text{ mg/L} \right]}{(1,64d^{-1})(0,6\text{m})(0,35)}$$

$$A_s = \frac{71,23 \text{ m}^3/\text{día}}{0,3444 \text{ m/día}}$$

$$A_s = 206,82 \text{ m}^2$$

$$A_s = 207 \text{ m}^2$$

Obtenido el valor de A_s podemos calcular el tiempo de retención hidráulica a partir de la ecuación 4,

$$t = \frac{nhA_s}{Q}$$

Remplazando los valores en la ecuación anterior tenemos:

$$t = \frac{(207 \text{ m}^2)(0,6\text{m})(0,35)}{(32,5 \text{ m}^3/\text{día})}$$

$$t = 1,34 \text{ días}$$

Los datos obtenidos muestran una visión preliminar de lo que será el humedal SFSS, El diseño hidráulico se lleva a cabo a partir del valor del área superficial, que definirá el éxito del sistema de tratamiento asegurando que el flujo se mantenga estable en todas partes durante todo el periodo de funcionamiento del sistema,

Por consiguiente se realiza el cálculo de los valores del largo, ancho y área transversal del humedal, a partir de la ecuación 10,

$$W = \frac{1}{h} \left[\frac{QA_s}{mK_s} \right]^{0,5}$$

Remplazando los valores en la ecuación anterior tenemos:

$$W = \frac{1}{0,6\text{m}} \left[\frac{(32,5 \text{ m}^3/\text{día})(207 \text{ m}^2)}{(0,01)(9750,4 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día})} \right]^{0,5}$$

$$W = \frac{1}{0,6\text{m}} (8,31)$$

$$W = 13,84 \text{ m}$$

A partir de la ecuación 8 se calcula el largo,

$$L = \frac{A_s}{W}$$

Remplazando los valores en la ecuación anterior tenemos:

$$L = \frac{207 \text{ m}^2}{13,84 \text{ m}}$$

$$L = 14,96 \text{ m}$$

El paso siguiente es el cálculo del gradiente hidráulico, parámetro necesario para la obtención del área transversal, a partir de la ecuación 7,

$$s = \frac{mh}{L}$$

$$s = \frac{(0,01)(0,6\text{m})}{14,96 \text{ m}}$$

$$s = 4,01 \times 10^{-4} \text{ m/m}$$

Despejando el área transversal A_c de la ecuación 6, Ley de Darcy

$$Q = k_s * A_c * s$$

Tenemos que:

$$A_c = \frac{Q}{k_s s}$$

$$A_c = \frac{(32,5 \text{ m}^3/\text{día})}{(9750,4 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{día})(4,01 \times 10^{-4} \text{ m/m})}$$

$$A_c = 8,31 \text{ m}^2$$

Adicionalmente el área transversal también puede ser calculada con la siguiente ecuación:

$$A_c = Wh$$

$$A_c = (13,84 \text{ m})(0,6 \text{ m})$$

$$A_c = 8,3 \text{ m}^2$$

Una vez hallados los valores de largo y ancho del sistema de tratamiento podemos deducir la relación que existe entre ellos:

$$L:W = \frac{14,96 \text{ m}}{13,84 \text{ m}}$$

$$L:W = 1,08:1$$

La relación obtenida se encuentra dentro de los rangos establecidos que aceptan relaciones de 1:1 entre largo y ancho,

Para asegurar el funcionamiento óptimo del sistema SFSS se analiza el mismo caso con la relación L: W de 3:1 que es la recomendada para profundidades de 0,6 m,

$$L = 3W$$

$$A_s = LW$$

Por consiguiente:

$$A_s = 3W^2$$

$$W = \sqrt[2]{\frac{A_s}{3}}$$

$$W = \sqrt[2]{\frac{207 \text{ m}^2}{3}}$$

$$W = 8,3 \text{ m}$$

Por lo tanto:

$$L = 3(8,3 \text{ m})$$

$$L = 26,49 \text{ m}$$

Con estos valores calculamos el área transversal:

$$A_C = Wh$$

$$A_C = (8,3 \text{ m})(0,6 \text{ m})$$

$$A_C = 4,98 \text{ m}^2$$

Esta clase de sistemas pueden funcionar en paralelo eficientemente, existen varias ventajas sobre la operación y el mantenimiento del sistema, ya que al dividirlo en celdas de funcionamiento el mantenimiento puede efectuarse sin que el proceso de tratamiento se detenga además la división en celdas permitirá el ingreso de maquinaria sin afectar a los sistemas de humedales de ser necesario,

Al igual que en los anteriores cálculos partimos de la relación L: W de 3:1

El sistema tendrá dos celdas por lo que el área superficial sería $103,5 \text{ m}^2$ para cada celda, Con estos antecedentes se realizan los cálculos de los valores que se aplican a cada celda independiente,

$$L = 3W$$

$$A_s = LW$$

Por consiguiente:

$$A_s = 3W^2$$

$$W = \sqrt[2]{\frac{A_s}{3}}$$

$$W = \sqrt{\frac{103,5 \text{ m}^2}{3}}$$

$$W = 5,87 \text{ m} \approx 6$$

Por lo tanto:

$$L = 3(6 \text{ m})$$

$$L = 18 \text{ m}$$

Con estos valores calculamos el área transversal:

$$A_c = Wh$$

$$A_c = (6 \text{ m})(0,6 \text{ m})$$

$$A_c = 3,6 \text{ m}^2$$

Cuadro 24. Dimensiones del sistema de humedal SFSS para los tres diseños

Relación L:W	Celdas	Largo (m)	Ancho (m)	Área Transversal (m ²)
1,08:1	1	14,96	13,84	8,31
3:1	1	24,9	8,3	4,98
3:1	2	18	6	3,6

Elaborado por: Sebastian Vinueza

Considerando las diferentes ventajas que propone cada diseño y las necesidades del área de implementación, el diseño elegido es el humedal SFSS de dos celdas con una relación de L: W de 3:1

4.3 CONSIDERACIONES CONSTRUCTIVAS

4.3.1 ESTRUCTURA DE ENTRADA Y SALIDA

Para garantizar una distribución uniforme del flujo a través del humedal, la estructura de entrada será constituida por una tubería perforada que atraviesa todo el ancho del humedal, con el objetivo de evitar olores y la proliferación de vectores la tubería será enterrada en grava.

El sistema de salida del flujo del humedal es similar al de entrada, la tubería perforada en todo el ancho del humedal, con un sistema de control de flujo que permita mantener el nivel de agua en el lecho del humedal.

4.3.2 TIPO DE SUSTRATO Y VEGETACIÓN

De acuerdo con las consideraciones en las que se basa el diseño el tipo de sustrato granular será una mezcla de arena y grava que proporcione una porosidad de 0,35 de acuerdo a las recomendaciones, el sistema tendrá una profundidad de 0,6 m, y la constitución del sustrato estará dividido en dos capas la capa inferior será de 0,45 m con grava de 16 a 25 mm y la superior de 0,15 m con arena gruesa que servirá para que las plantas se sostengan.

Adicionalmente las estructuras de entrada y salida para conseguir una distribución uniforme del flujo y evitar los corto circuitos serán enterradas en capas de canto rodado de entre 50 a 60 mm estas capas tendrán un espesor de 0,6 m de profundidad y de ancho 2 m en el caso de la entrada y un metro en el caso de la salida, estas áreas son adicionales al área diseñada para el tratamiento,

El sustrato debe ser colocado de ser posible en forma manual buscando evitar cualquier clase de compactación del sustrato.

Debido a la profundidad de diseño, las condiciones climáticas y por ser una especie nativa de la zona de estudio la especie vegetal a ser utilizada será el *Scirpus o Juncos* debido a que son especies existentes en el área de estudio y cumplen con las características necesarias para tratar efluentes de tipo doméstico, Deberán sembrarse en distancias aproximadas de 0,4 a 0,6 m.

4.3.3 IMPERMEABILIZACIÓN

Para prevenir posibles filtraciones en las capas del suelo o en aguas subterráneas el presente diseño plantea la colocación de geomembrana de alta resistencia en las dos celdas de los humedales.

4.4 ANÁLISIS DE LOS COSTOS DE IMPLEMENTACIÓN DEL DISEÑO PROPUESTO

Para la implementación del sistema de tratamiento propuesto se presenta el siguiente listado de rubros que cubren todas las actividades constructivas a desarrollarse:

Cuadro 25. Lista de rubros de la propuesta

Número	Rubro
1	Replanteo y nivelación del terreno para el tratamiento
2	Excavación del área del sistema de tratamiento
3	Desalojo y transporte
4	Compactación de los lechos
5	Material impermeabilizante
6	Arena gruesa (1 – 5 mm)
7	Grava (16 – 25 mm)
8	Canto rodado (50 – 60 mm)
9	Tuberías de PVC (100 mm)
10	Codos de PVC 90° (100 mm)
11	Colocación de vegetación
12	Hormigón simple
13	Tapa de hormigón de 1,90 x 2,70
14	Tapa de hormigón de 90 x 1,10

Elaborado por: Sebastian Vinueza

El valor de cada uno de los rubros se describe a continuación en el siguiente cuadro, dentro de los cuales se hallan considerados los valores de material y mano de obra.

Cuadro 26. Precios unitarios referenciales para la implementación de la propuesta,

No,	Rubro	Unidad	Cant,	Precio Unitario	PRECIO TOTAL
1	Replanteo y nivelación del terreno para el tratamiento	m ²	240	1,5	360
2	Excavación del área del sistema de tratamiento	m ³	234	3,6	842,4
3	Desalojo y transporte	m ³	234	1	234
4	Compactación de los lechos	m ²	234	0,96	224,64
5	Material impermeabilizante	m ²	234	13,25	3100,5
6	Arena gruesa (1 – 5 mm)	m ³	34	5,5	187
7	Grava (16 – 25 mm)	m ³	100	8,2	820
8	Canto rodado (50 – 60 mm)	m ³	22	14,5	319
9	Tuberías de PVC (100 mm)	M	60	13,9	834
10	Codos de PVC 90° (100 mm)	U	6	13,1	78,6
11	Colocación de vegetación	m ²	192	10,5	2016
12	Hormigón simple	m ³	4	215,22	860,88
13	Tapa de hormigón de 1 x 0,8	U	2	21,8	43,6
14	Tapa de hormigón de 90 x 1,10	U	1	21,8	21,8
15	Tapa de hormigón de 1,6 x 0,7	U	1	21,8	21,8
TOTAL					9730,22

Elaborado por: Sebastian Vinueza

De acuerdo a los datos recolectados el presupuesto referencial para la implementación de la propuesta de diseño estaría bordeando los 10000 dólares americanos aproximadamente.

4.5 MANTENIMIENTO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

El adecuado mantenimiento del sistema contribuirá al óptimo funcionamiento y el cumplimiento de la vida útil de este, se deben considerar los siguientes aspectos en el mantenimiento de este tipo de sistemas.

El mantenimiento de la vegetación en los humedales juega un papel fundamental para que los procesos físicos, químicos y biológicos se desarrollen de forma normal y permitan que la calidad del efluente tratado sea constante.

Se debe tener cuidado de no exceder durante largos periodos los rangos de tolerancia a las variaciones en el nivel de agua de la especie utilizada, el manejo inadecuado del nivel de agua generaría el malfuncionamiento del sistema,

Es recomendable realizar podas de las plantas y el retiro de la vegetación al haberse finalizado el ciclo vegetativo, buscando de esta manera prevenir que la caída de partes secas en el sustrato contribuyan al aumento de nutrientes en el sustrato del sistema, esto se debe realizar de forma manual o mecánica, al igual que el retiro de malas hierbas teniendo presente no usar ninguna clase de herbicida y previniendo todo tipo de actividad que genere compactación en el sustrato.

Con respecto a los sistemas encargados de la distribución del flujo que ingresa al humedal, la limpieza de estos se la debe realizar de forma periódica, buscando de esta manera que la distribución del flujo sea uniforme y contribuya a que no existan cortocircuitos, ni zonas muertas a lo largo de todo el sistema de tratamiento.

En el caso de humedales de flujo subsuperficial se generan vectores como mosquitos solamente si se dan las condiciones pertinentes para que estos se desarrollen es decir que existan lugares abiertos con agua estancada, lo que se evita manteniendo un control en el flujo que atraviesa el humedal.

4.6 MONITOREO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO

Para comprobar que el sistema de tratamiento cumple con los parámetros para los cuales fue diseñado con una eficiencia superior al 95%, se deben realizar dos muestreos en los primeros seis

meses de funcionamiento, para observar el comportamiento del sistema y evaluar la eficiencia del tratamiento, de ahí en adelante se deberán realizar dos muestreos anuales,

Las muestras deben ser recolectadas al final del sistema de tratamiento es decir en el dispositivo de control de caudal ubicado al final de las dos celdas del sistema,

De acuerdo al Texto Unificado De Legislación Ambiental Secundaria la autoridad pertinente determinará el número de muestreos y los rangos de tiempo en los que se los realizará, con el objetivo de verificar el cumplimiento de la normativa ambiental vigente.

CAPÍTULO V

5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Analizadas las características de las zona de estudio, debido a la ubicación del campamento y área de mantenimiento de la empresa Triboilgas, el sector no cuenta con servicio de alcantarillado público, por lo que se vuelve indispensable establecer un sistema de tratamiento para la descarga de aguas residuales.
- Una vez evaluadas las características físicas, químicas y microbiológicas del agua residual del área de estudio mediante análisis de laboratorio los parámetros que incumplen con la normativa ambiental vigente en el país para descarga en cuerpos de agua dulce, son el DBO, DQO, sólidos suspendidos, aceites y grasas, coliformes fecales.
- De acuerdo a las condiciones del área de estudio como son: el espacio disponible y la minimización de la posible proliferación de vectores como mosquitos y sancudos principalmente, y, la mayor eficiencia de remoción de tratamiento en menores tiempos de retención, la opción elegida para el tratamiento de las aguas residuales del campamento "Triboilgas" en el cantón Francisco De Orellana es el sistema de humedales de flujo subsuperficial.
- El presente diseño plantea un tratamiento preliminar mediante una trampa de grasa con el objeto de reducir las concentraciones de aceites y grasas en el efluente, para optimizar la eficiencia del tratamiento.
- Con el objeto de obtener un efluente tratado que permita considerar un posible reúso, la configuración del humedal presenta 2 celdas con un área de tratamiento de 108 m² por cada celda, está diseñado para entregar un efluente con 30 mg/L DBO (el valor inicial es de 269 mg/L).

- Las características de filtro físico del sistema permiten la remoción de sólidos suspendidos del 80%, es decir, 150 mg/L; la remoción de coliformes fecales es del 80% en los primeros metros del humedal, experiencias citadas indican que los humedales cumplen con un 99,9% de remoción de coliformes fecales, de esta manera el sistema de tratamiento entrega un efluente que se encuentra dentro de los parámetros que exige la normativa ambiental vigente en el país.

5.2 RECOMENDACIONES

- Con la finalidad de prevenir la posible erosión del suelo que rodea el sistema de tratamiento se recomienda mantener una cobertura vegetal que contribuirá a evitar la erosión del suelo y disminuir la cantidad de sedimentos en las piscinas de tratamiento.
- Con el objeto de evitar posibles infiltraciones de agua en el suelo se recomienda la impermeabilización con geomembrana de alta densidad en las paredes.
- Debido a la importancia del sustrato para el funcionamiento del sistema de tratamiento, la grava a ser colocada deberá ser lavada buscando de esta manera evitar el ingreso de material particulado al sistema que pudiese contribuir a la generación de cortocircuitos.
- La colocación de las diferentes capas de grava y los sistemas de drenaje deberán realizarse de tal manera que se evite la compactación del sustrato del sistema de igual manera la colocación de la vegetación, evitando el uso en lo posible de maquinaria.
- El problema más frecuente de los sistemas de humedales artificiales de flujo subsuperficial son los cortocircuitos, por lo que se recomienda inspeccionar de manera visual el área del humedal para verificar que no exista líquido en la superficie, de ser ese el caso se deberá suspender el flujo en esa celda y bombear agua a presión buscando restablecer el flujo laminar uniforme en la celda.
- El sistema de trampa de grasa posee un área para la recolección con una capacidad de almacenamiento de 1/3 del volumen de la trampa de grasa, el cual deberá ser revisado para su mantenimiento al menos 1 vez al mes.
- Se recomienda realizar las podas de la vegetación de acuerdo al ciclo de crecimiento del junco, es decir una vez cada 6 meses, procurando retirar toda la cubierta vegetal seca y que

se encuentre en mal estado, buscando no contribuir con cantidad de materia orgánica en el sistema.

- Con el objeto de permitir un adecuado muestreo del efluente tratado se recomienda instalar un punto de monitoreo al final del sistema de tratamiento, previo a la descarga o al almacenamiento para la reutilización.
- Es recomendado realizar al menos un muestreo transcurrido los tres primeros meses de funcionamiento del sistema para verificar la eficiencia de remoción de contaminantes del mismo previo a la descarga del agua y su posible reúso; posteriormente los muestreos de control serán determinados por el ente de control ambiental pertinente.

CAPÍTULO VI

6 REFERENCIA BIBLIOGRÁFICA

6.1 BIBLIOGRAFÍA

1. Álvarez, J y E, Bécares, (2005) “El papel de la vegetación en humedales construidos para el tratamiento de aguas residuales” en Memoria del Encuentro Internacional en Fitodepuración, Lorca,
2. Ángela Silva y Hernán Zamora (2005) “HUMEDALES ARTIFICIALES” (Monografía de Grado de la Universidad nacional de Colombia Sede Manizales Facultad de ingeniería y arquitectura Departamento de ingeniería química, Manizales - Colombia)
3. Crites-Tchobanoglous George, MCGRAW-HILL, (2000), Sistemas de manejo de aguas residuales para núcleos pequeños y descentralizados
4. Fernández, J, (2004), Manual de fitodepuración, Ayuntamiento de Lorca, Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
5. Oscar Delgadillo, Alan Camacho, Luis F, Pérez, Mauricio Andrade, (2010), “Depuración De Aguas Residuales Por Medio De Humedales Artificiales”, Centro Andino Para La Gestión Y Uso Del Agua, Universidad Mayor de San Martin.
6. Tobar, V, (2008), Elaboración del Proyecto de Investigación para Trabajos de Grado y Tesis, ESPE, Quito.

6.2 WEBGRAFÍA

1. <http://www.ambiente.gob.ec> (Acceso: 05/06/2013)
2. <http://www.asogopar-orellana.gob.ec/index.php/icons/fco-de-orellana/nuevo-paraiso.html>(Acceso: 25/08/2013)<http://www.inec.gob.ec/estadisticas/> (Acceso: 10/06/2013)
3. http://www.google.com/ec/url?sa=t&rct=j&q=humedales%20artificiales%20para%20el%20tratamiento%20de%20aguas%20residuales&source=web&cd=6&ved=0CEAQFjAF&url=http%3A%2F%2Fwww.journals.unam.mx%2Findex.php%2Frica%2Farticle%2Fdownload%2F21580%2F21594&ei=YccRUsu0AcjA2gW2hoCwCA&usg=AFQjCNHYAyabdN4ByT_MLp_ADB2cskjCyw&bvm=bv,50768961,d,aWc&cad=rja(Acceso: 25/06/2013)
4. <http://www.siise.gob.ec/siiseweb/>(Acceso: 25/07/2013)
5. <http://www.triboilgas.com/>(Acceso: 05/06/2013)
6. http://www.vetiver.org/COL_TRATAMIENTO%20DE%20AGUAS%20RESIDUALES%20MEDIANTE%20FILTROS.pdf (Acceso: 25/07/2013)

CAPÍTULO VII

7 ANEXOS

ANEXO A, GLOSARIO

Ambiente: Conjunto de elementos bióticos y abióticos, y fenómenos físicos, químicos y biológicos que condicionan la vida, el crecimiento y la actividad de los organismos vivos, Generalmente se le llama medio ambiente.

Control (ambiental): Vigilancia y seguimiento (monitoreo externo) periódico y sistemático sobre el desarrollo y la calidad de procesos, comprobando que se ajustan a un modelo preestablecido, sinónimo de fiscalización ambiental.

Cuerpo de agua: Acumulación de agua corriente o quieta, que en su conjunto forma la hidrósfera; son los charcos temporales, esteros, manantiales, marismas, lagunas, lagos, mares, océanos, ríos, arroyos, reservas subterráneas, pantanos y cualquier otra acumulación de agua.

Descarga: Vertido de agua residual o de líquidos contaminantes al ambiente durante un periodo determinado o permanente.

Desecho: Denominación genérica de cualquier tipo de productos residuales o basuras procedentes de las actividades humanas o bien producto que no cumple especificaciones, Sinónimo de residuo.

Disposición final: Forma y/o sitio de almacenamiento definitivo o bien forma de destrucción de desechos.

Efluente: Que fluye al exterior, descargado como desecho con o sin tratamiento previo; por lo general se refiere a descargas líquidas hacia cuerpos de aguas superficiales.

Geomorfología: Estudia las formas superficiales de la tierra, describiéndolas (morfología), ordenándolas e investigando su origen y desarrollo (morfogénesis).

Límite permisible: Valor máximo de concentración de elemento(s) o sustancia(s) en los diferentes componentes del ambiente, determinado a través de métodos estandarizados, y reglamentado a través de instrumentos legales.

Depuración Biológica: El objetivo del proceso biológico es la eliminación, estabilización o transformación de la materia orgánica, presente en las aguas residuales como sólidos no sedimentables, Esta acción se logra por la acción de los microorganismos mediante dos acciones complementarias: metabólica y físico-química.

Filtro biológico: Es un sistema de depuración biológica de aguas residuales, en donde la oxidación se produce al hacer circular, a través de un medio de soporte (filtro percolador), aire y agua residual, La circulación del aire se realiza de forma natural, por efecto de la diferencia de temperaturas del aire y el agua, Al calentarse o enfriarse el aire dentro del lecho produce una variación de densidad, provocando la circulación del aire.

DBO5: Consumo de oxígeno disuelto por organismos aerobios en un tiempo de 5 días, requerida para la estabilización de la materia orgánica, Indicador de contaminación del agua y que representa el contenido de sustancias bioquímicas degradables existentes en el agua.

Muestra Simple: es aquella muestra tomada en forma única y aislada para determinar la calidad del agua en un momento dado.

Muestras Compuestas: dos o más muestras simples que se han tomado y se han mezclado en proporciones conocidas y apropiadas para obtener un resultado representativo de su calidad a intervalos de tiempo definidos.

Reuso: aprovechamiento de un efluente antes o en vez de su vertido.

Vida Útil: es el periodo de tiempo que las estructuras realizan su función en un 100%.

ANEXO B, ANÁLISIS DE AGUAS RESIDUALES



UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
FACULTAD DE INGENIERÍA EN GEOLOGÍA, MINAS, PETRÓLEOS Y AMBIENTAL

LABFIGEMPA
INFORME DE RESULTADOS

Cliente: **HECANA TOSCANO**
 Dirección: **Nueva Aurora**
 Teléfono: **0998373121**
 Atención: **Heana Toscano**

Número de Informe: **13-173**
 Fecha de Informe: **13-11-14**
 Recop. Laboratorio: **13-11-08**
 Nº de muestras entregadas: **1 agua**

1. RESULTADOS ANALÍTICOS:

Identificación de la muestra:

AGUA: MUESTRA Nº 1

Parámetros	Unidad	Valor	Método Aplicado	Fecha de ensayo	
				Inicial	Final
*Arenas y Gravas	mg/l	38	OPA 419.1	13-11-05	13-11-05
*Coliformes Fecales	UFC/100ml	14,3*10 ⁴	Método Interno Petrifilm	13-11-07	13-11-08
*Coliformes Totales	UFC/100ml	16,9*10 ⁴	Método Interno Petrifilm	13-11-07	13-11-08
*DBO ₅	mgO ₂ /l	269	S. M. 5230 B	13-11-07	13-11-12
*Detergentes	mg/l	0,678	S. M. 5540 C	13-11-08	13-11-08
*ODO	mg/l	484 U=NA	PEE/A/02 Ref: S.M. 5220 D	13-11-06	13-11-06
*Fósforo Total	mg/l	3,125	S. M. 4500 P E	13-11-08	13-11-08
*Nitratos	mg/l	0,0518	S. M. 4500 NO ₃ B	13-11-08	13-11-08
*Nitratos	mg/l	2,2	S. M. 4500 NO ₃ E	13-11-08	13-11-08
*Nitrógeno total	mg/l	10,605	S. M. 4500 N B	13-11-08	13-11-08
*Oxígeno Disuelto	mgO ₂ /l	0,7	S. M. 4500 O D	13-11-08	13-11-08
pH	U pH	6,87 U=NA	PEE/A/03 Ref: S.M. 4500 H+	13-11-06	13-11-08
*Sólidos Sedimentables	ml/l	7	S. M. 2540 F	13-11-08	13-11-08
*Sólidos Suspendidos	mg/l	188	S. M. 2540 D	13-11-08	13-11-08
Sólidos Totales	mg/l	799 U=NA	PEE/A/06 Ref: S.M. 2540 B	13-11-07	13-11-08
*TDS	mg/l	562	S. M. 2540 C	13-11-08	13-11-08
*Materia Orgánica	mg/l	556,5	Método Interno	13-11-07	13-11-07

Los ensayos marcados con (*) no están incluidos en el alcance de acreditación del CMAE

U= Incertidumbre

El presente informe solo afecta a los objetos sometidos a ensayo. Muestras detalladas según especificación del cliente

No es responsable únicamente de los análisis de las muestras recibidas en el LABFIGEMPA.

Documento válido únicamente con el sello seco de la institución. El LABFIGEMPA no se responsabiliza de la reproducción parcial o total del mismo.

2. RESPONSABLES DEL ANÁLISIS: OC y AM

Quím. GABRIEL CEVALLOS GONZÁLEZ
 Director encargado LABFIGEMPA



**ANEXO C, LÍMITES DE DESCARGA A UN CUERPO DE AGUA DULCE SEGÚN
EL TULAS**

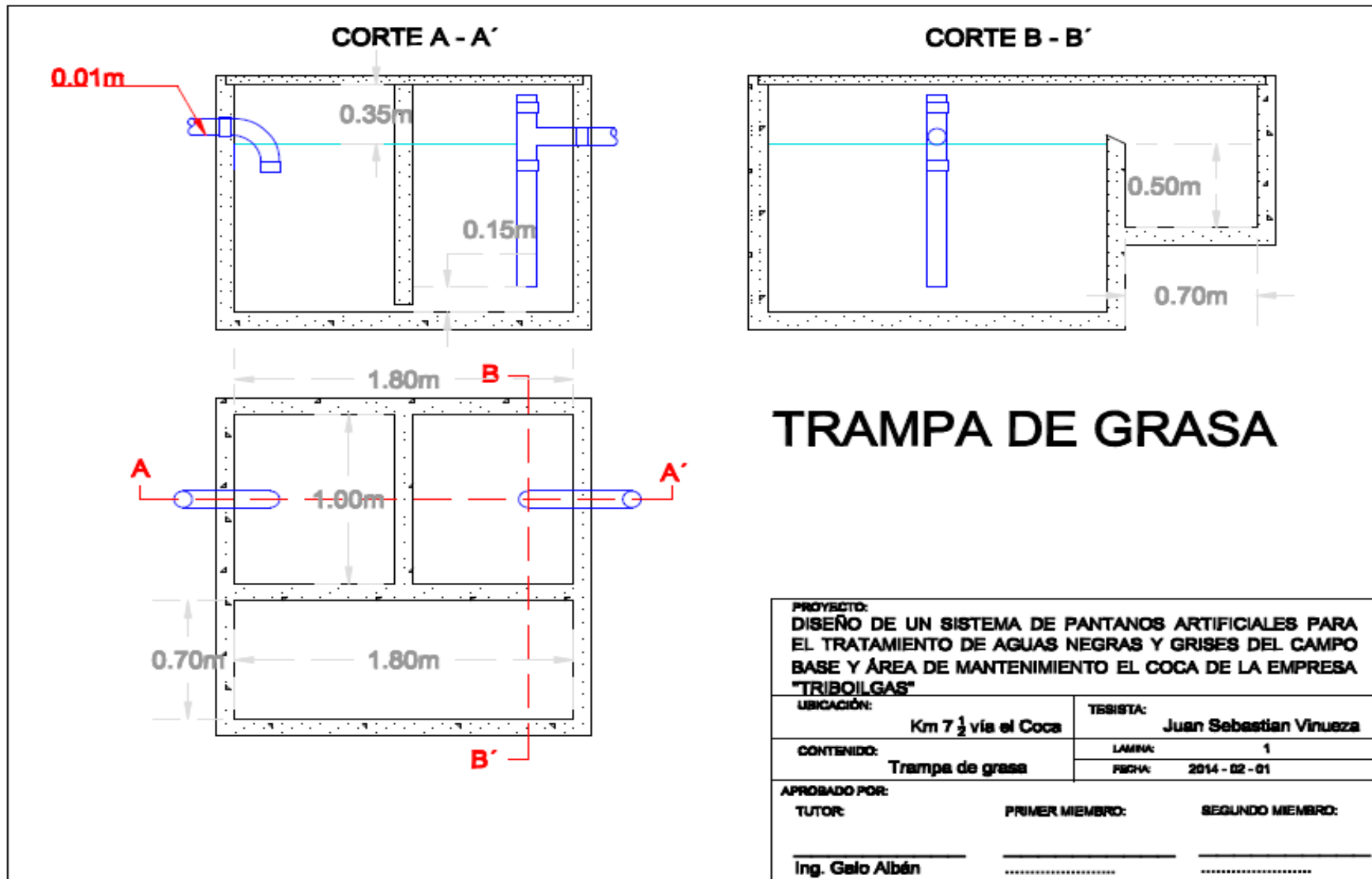
Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
Aceites y Grasas,	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Alkil mercurio		mg/l	No detectable
Aldehídos		mg/l	2,0
Aluminio	Al	mg/l	5,0
Arsénico total	As	mg/l	0,1
Bario	Ba	mg/l	2,0
Boro total	B	mg/l	2,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,02
Cianuro total	CN ⁻	mg/l	0,1
Cloro Activo	Cl	mg/l	0,5
Cloroformo	Extracto carbón cloroformo ECC	mg/l	0,1
Cloruros	Cl ⁻	mg/l	1 000
Cobre	Cu	mg/l	1,0
Cobalto	Co	mg/l	0,5
Coliformes Fecales	Nmp/100 ml		⁴ Remoción > al 99,9 %
Color real	Color real	unidades de color	* Inapreciable en dilución: 1/20
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,2
Cromo hexavalente	Cr ⁺⁶	mg/l	0,5
Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)	D,B,O ₅ ,	mg/l	100
Demanda Química de Oxígeno	D,Q,O,	mg/l	250
Dicloroetileno	Dicloroetileno	mg/l	1,0
Estaño	Sn	mg/l	5,0
Fluoruros	F	mg/l	5,0
Fósforo Total	P	mg/l	10
Hierro total	Fe	mg/l	10,0
Hidrocarburos	TPH	mg/l	20,0
Totales de Petróleo			
Manganeso total	Mn	mg/l	2,0
Materia flotante	Visibles		Ausencia
Mercurio total	Hg	mg/l	0,005
Níquel	Ni	mg/l	2,0
Nitratos + Nitritos	Expresado como Nitrógeno (N)	mg/l	10,0
Nitrógeno Total Kjeldahl	N	mg/l	15
Organoclorados	Concentración de	mg/l	0,05

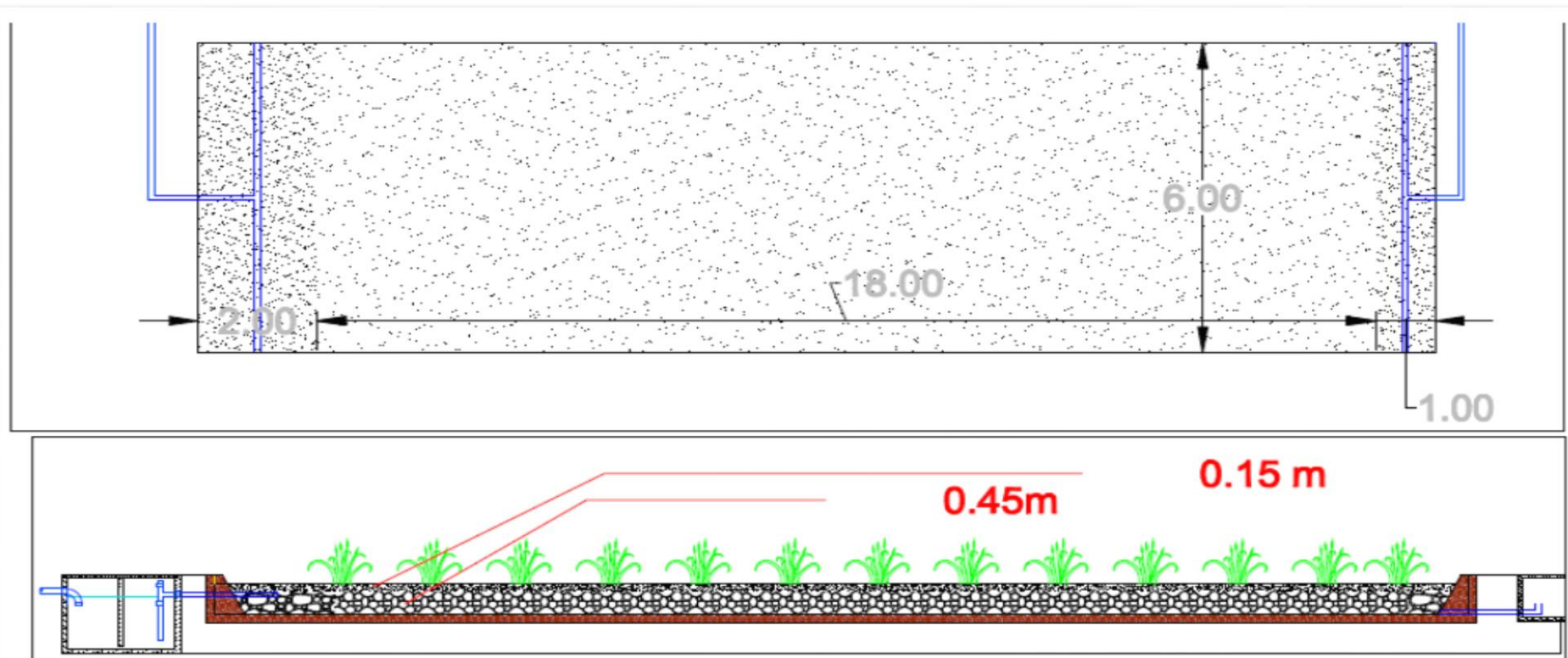
⁴ Aquellos regulados con descargas de coliformes fecales menores o iguales a 3 000, quedan exentos de tratamiento.

Parámetros	Expresado como	Unidad	Límite máximo permisible
totales	organoclorados totales		
Organofosforados totales	Concentración de organofosforados totales,	mg/l	0,1
Plata	Ag	mg/l	0,1
Plomo	Pb	mg/l	0,2
Potencial de hidrógeno	pH		5-9
Selenio	Se	mg/l	0,1
Sólidos Sedimentables		ml/l	1,0
Sólidos Suspendidos Totales		mg/l	100
Sólidos totales		mg/l	1 600
Sulfatos	SO ₄ =	mg/l	1000
Sulfitos	SO ₃	mg/l	2,0
Sulfuros	S	mg/l	0,5
Temperatura	oC		< 35
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Tetracloruro de carbono	Tetracloruro de carbono	mg/l	1,0
Tricloroetileno	Tricloroetileno	mg/l	1,0
Vanadio		mg/l	5,0
Zinc	Zn	mg/l	5,0

* La apreciación del color se estima sobre 10 cm de muestra diluida,

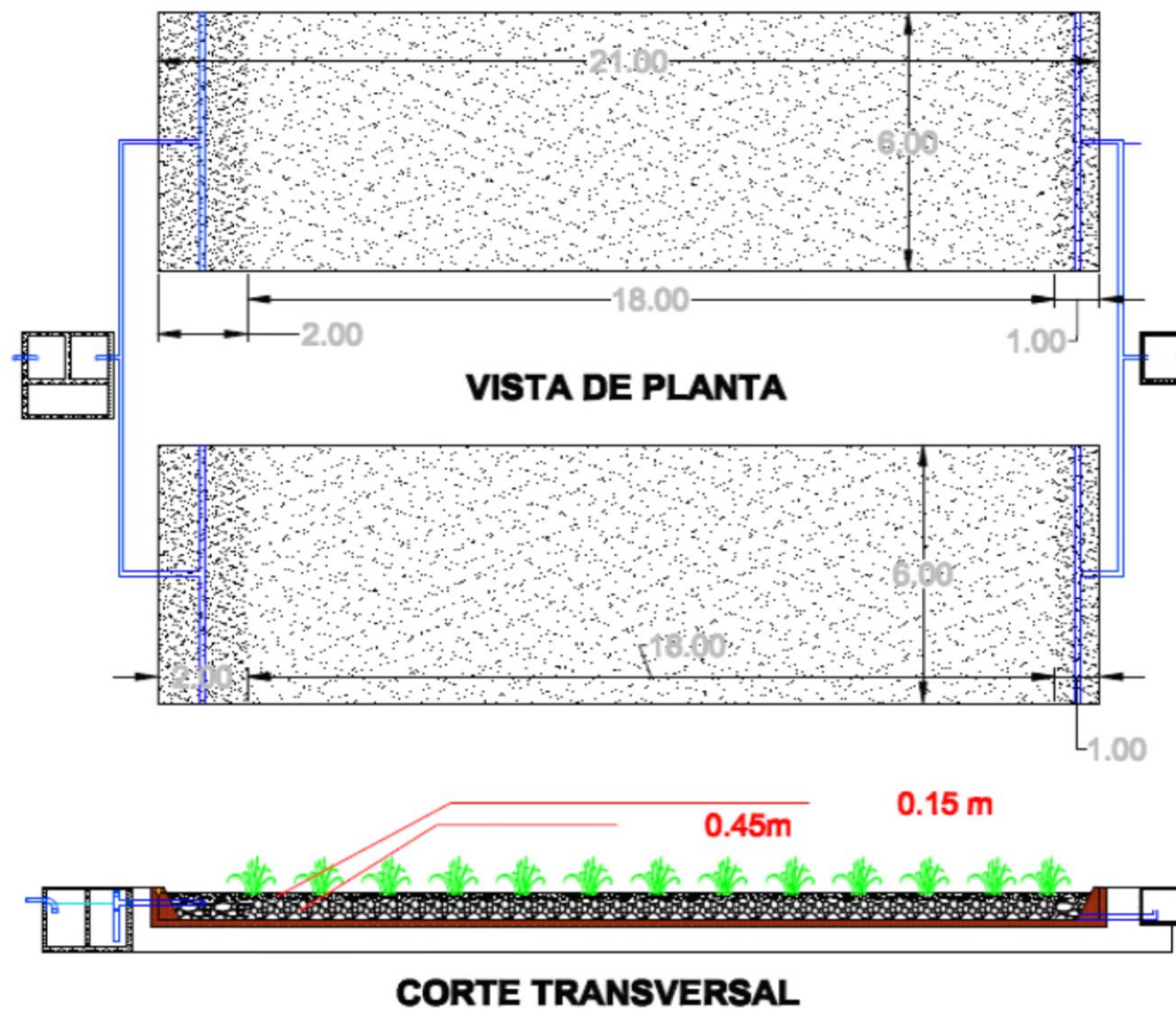
ANEXO D, PLANOS





HUMEDAL DE FLUJO SUBSUPERFICIAL

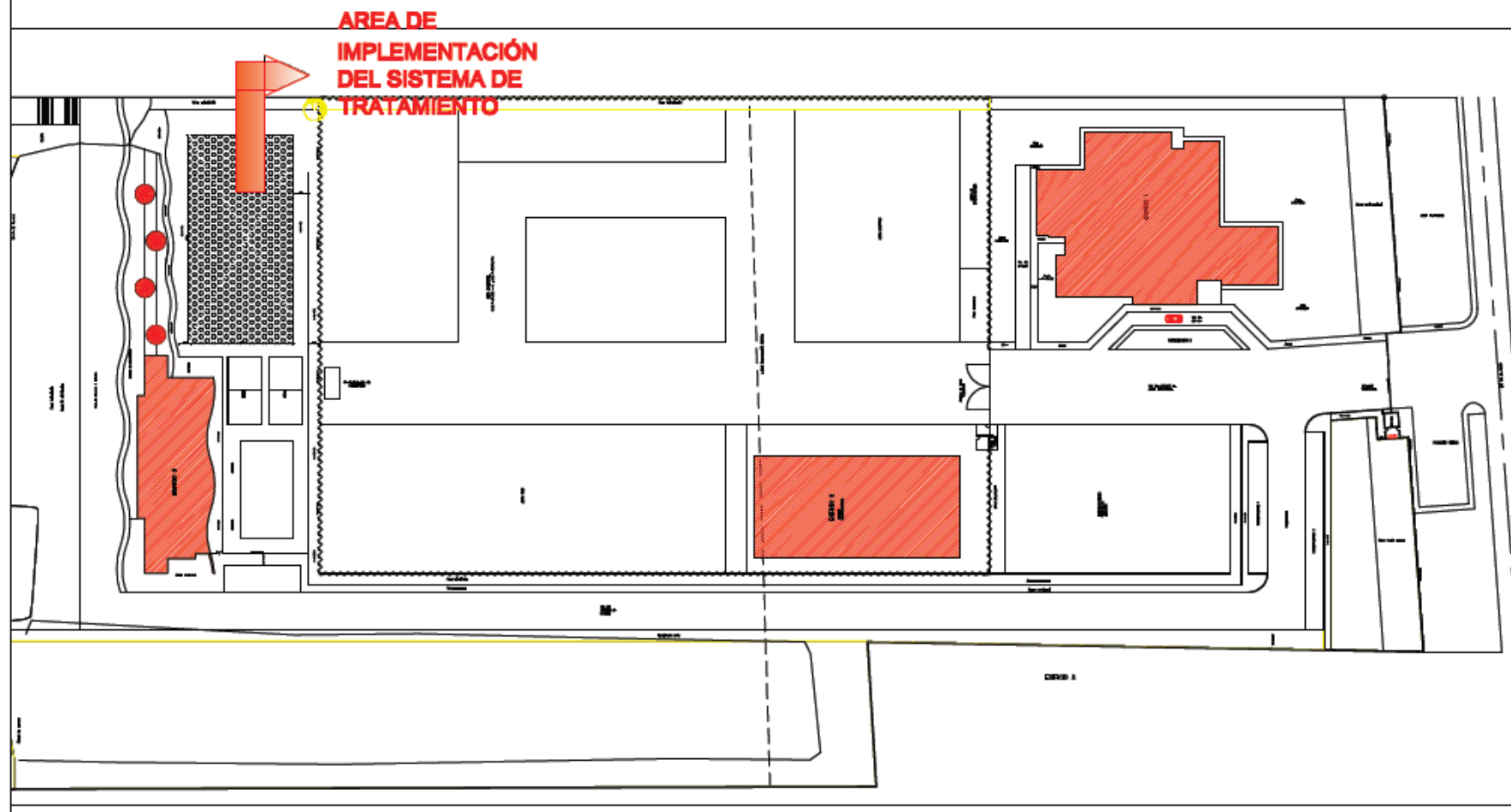
PROYECTO: DISEÑO DE UN SISTEMA DE PANTANOS ARTIFICIALES PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS Y GRISES DEL CAMPO BASE Y ÁREA DE MANTENIMIENTO EL COCA DE LA EMPRESA "TRIBOILGAS"		
UBICACIÓN: Km 7 $\frac{1}{2}$ vía el Coco	TERCETA: Juan Sebastian Vinuesa	
CONTENIDO: Plano de implantación	LÁMINA: 1	FECHA: 2014 - 02 - 01
	APROBADO POR: TUTOR:	TUTOR: TUTOR:



SISTEMA DE TRATAMIENTO

PROYECTO DISEÑO DE UN SISTEMA DE PANTANOS ARTIFICIALES PARA EL TRATAMIENTO DE AGUAS NEGRAS Y GRISAS DEL CAMPO BASE Y ÁREA DE MANTENIMIENTO EL OCA DE LA EMPRESA "TRESOLGAS"		
UBICACIÓN Km 7 $\frac{1}{2}$ vía al Coas	DISEÑO Juan Sebastián Viveros	
CONTENIDO Plano de Implementación	LÁMINA 1	
APROBADO POR TUNER	TUNER TUNER	TUNER TUNER
Ing. Gato Alán	Ing. Gato Alán	Ing. Gato Alán

VISTA DE PLANTA DEL CAMPAMENTO Y AREA DE MANTENIMIENTO TRIBOILGAS EL COCA



ANEXO E, HOJA DE VIDA

DATOS PERSONALES

NOMBRE: Vinueza Estévez Juan Sebastian

CI: 100294672-9

FECHA DE NACIMIENTO: 1987-12-07

EDAD: 26 Años

ESTADO CIVIL: Soltero

DIRECCIÓN ACTUAL: Conjunto Habitacional Jardines de Calderón 3, Calle El Progreso y María Godoy

TELÉFONO: 2036998

CELULAR: 0984135930-0982610839

E-MAIL: sebastian_vinueza@hotmail.com; juansebastianvinueza@gmail.com



ESTUDIOS REALIZADOS

PRIMARIA: Instituto Hermano Miguel “LA SALLE”, Atuntaqui-Imbabura.

SECUNDARIA: Colegio Nacional “Abelardo Moncayo” Atuntaqui-Imbabura. Título de bachiller en ciencias especialización FISICO MATEMATICO.

SUPERIOR: Universidad Central de Ecuador, Facultad de Ingeniería en Geología, Minas, Petróleos y Ambiental, Carrera de Ingeniería Ambiental.

CURSOS

Manejo de Autocad, Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería Civil, Duración 40 horas.

Técnicas avanzadas de tunelería y obras subterráneas, empresa MAXAM, Duración 20 horas.

PRACTICAS REALIZADAS

Zonal Centro Municipio del Distrito Metropolitano de Quito, Departamento de Control Ambiental.

- **Actividad realizada:** estudio de monitoreo de ruido zona norte,
- **Fecha:** 2009-08-11 a 2009-09-11

Ministerio de Ambiente Ecuatoriano (MAE), Secretaria de Biodiversidad.

- **Actividad realizada:** actualización de la base de datos de flora y fauna de Ecuador, realización de documentos y permisos para la salida de especies animales y vegetales.
- **Fecha:** 2010-08-04 a 2010-08-31

Ministerio de Electricidad y Energías Renovables (MEER), Departamento de Energías Renovables.

- **Fecha:** 2011-02-08 a 2011-02-28

Concesión minera Quebrada Fría-Ponce Enríquez.

- **Actividad realizada:** Levantamiento planimétrico y diseño del plano de los avances en las galerías de explotación, charlas de capacitación a trabajadores en el uso de los EPP's, charlas educativas con la comunidad sobre el normas de seguridad y protección al ambiente adoptadas x la sociedad minera encargada de la concesión.
- **Fecha:** 2012-02-06 a 2012-03-06

EXPERIENCIA

- Elaboración de Estudios de Impacto Ambiental, Fichas Ambientales, Estudios de Impacto Ambiental Ex Post, Auditorías Ambientales, Planes de Manejo Ambiental, Monitoreo de Suelos y Ruido Ambiental, y Participación en procesos de participación ciudadana para EIA. EMPRESA CONSULTORA BIOAMPEG- (Ing. Lorena Manosalvas-Ingeniera Ambiental; Cel: 098731372)
- Fiscalización Ambiental y de seguridad industrial Proyecto “Rehabilitación Del Acceso Norte A La Ciudad De Babahoyo”.
EMPRESA CONSULTORA IPHC-(Ing. Julio Cesar Coello Ingeniero Civil Cel: 099073719), 2013-01-28 a 2014-03-28

REFERENCIAS

Amílcar Estévez, teléfono: 0998734716

Ing. Nuvia Vinueza, CNT, teléfono: 0984692055

Ing. Lorena Manosalvas-Ingeniera Ambiental; Cel: 0998731372